CAMPUS VIRTUAL UDES

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA TECNOLOGÍA EDUCATIVA

Autor:
**Andrés Rey Piedrahita**

**ISBN: 978-958-8118-93-2**

LEM LIBRO ELECTRÓNICO MULTIMEDIAL

# Evaluación de la Calidad de la Tecnología Educativa

Para el desarrollo del Módulo **Evaluación de la Calidad de la Tecnología Educativa**, el Centro de Educación Virtual CVUDES pone a disposición de Estudiantes, Profesores y Tutores, los Libros Electrónicos Multimediales (LEM) editados como completas bibliotecas de consulta.

El Módulo Evaluación de la Calidad de la Tecnología Educativa está conformado por 4 capítulos distribuidos de la siguiente manera: **Capítulo I Calidad y Estándares Internacionales, Capítulo II Modelos de Calidad, Capítulo III Estándares para Evaluación de la Calidad del Software y Capítulo IV Evaluación de la Calidad del Software Educativo.**

Para cada capítulo se incluyen el marco teórico, documentos anexos, enlaces temáticos, mapas mentales, casos y problemas reales prototipo, los cuales se recomienda leer y revisar detenidamente. Al finalizar cada capítulo se debe leer el glosario, realizar las actividades, evaluaciones, ayudas técnicas y didácticas para el aprendizaje, revisar la bibliografía recomendada y de apoyo para reforzar cada capítulo.

El módulo trata el panorama de la evaluación de la calidad de la tecnología educativa desde la perspectiva de los estándares internacionales. El contenido del curso se centra en el marco normativo propuesto por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO). Los estándares abordados son el ISO/IEC 9126, ISO 14598 e ISO 25000.

Asimismo, se presenta también una metodología de evaluación de la calidad (basada en estos estándares) que puede ser utilizada como punto de partida para adelantar procesos de evaluación de software educativo.

# TABLA DE CONTENIDO


**COMPONENTES INICIALES DEL TEXTO**

Biografía
Siglas
Introducción

# DESARROLLO DE CAPÍTULOS

# CONTENIDO CAPÍTULO I



## 1. Calidad y Estándares Internacionales


**1.1. Concepto de Calidad**

**1.2. Calidad de la Tecnología**

1.2.1. Concepto de calidad de software

**1.3. Gestión de la Calidad**

1.3.1. Estandarización

1.3.2. Ámbitos de la gestión de la calidad

1.3.3. Marco normativo para la gestión de la calidad

1.3.4. Marco normativo para la evaluación de la calidad del software


*Términos Claves*

*Lecturas Recomendadas*

# CONTENIDO CAPÍTULO II




## 2. Modelos de Calidad

**2.1. Modelos de Calidad**

2.1.1. Tipos de modelos de calidad

2.1.2. Propiedades de los modelos de calidad

**2.2. Algunos Modelos de Calidad**

2.2.1. Modelo de calidad de MacCall

2.2.2. Modelo de calidad de BOEHM

2.2.3. FURPS

2.2.4. Estándares y Modelos de Calidad

*Términos Claves*

*Lecturas Recomendadas*

## CONTENIDO CAPÍTULO III



**3. Estándares para Evaluación de la Calidad del Software**


**3.1. Estándar ISO/IEC 9126**

3.1.1. Partes de la norma

*3.1.1.1. ISO/IEC 9126-1- modelo de calidad*

*3.1.1.2. ISO/IEC 9126-2- métricas externas*

*3.1.1.3. ISO/IEC 9126-3- métricas internas*

*3.1.1.4. ISO/IEC 9126-4- calidad en uso*

3.1.2. Características y subcaracterísticas del modelo de calidad interna y externa

**3.2. Estándar ISO/IEC 14598**

3.2.1. Partes de la norma

*3.2.1.1. ISO/IEC 25000- División de gestión de calidad*

*3.2.1.2. ISO/IEC 25001- División de modelo de calidad*

*3.2.1.3. ISO/IEC2502n- División de medición de calidad*

*3.2.1.4. ISO/IEC 2503n – División requisitos de calidad*

*3.2.1.5. ISO/IEC 2504n- División de evaluación de calidad*

3.2.2. Descripción de la norma ISO/IEC 14598

**3.3. Estándar ISO/IEC 25000**

3.3.1. Divisiones de la norma

3.3.2. Modelos de calidad de la norma ISO 25000

*Términos Claves*

*Lecturas Recomendadas*

# CONTENIDO CAPÍTULO IV



## 4. Evaluación de la Calidad del Software Educativo


**4.1. Metodología Generalizada de Evaluación**

4.1.1. Partes de la metodología

*4.1.1.1. Establecimiento de la evaluación*
*4.1.1.2. Planificación de la evaluación*
*4.1.1.3. Establecer el modelo de calidad*
*4.1.1.4. Determinar la puntuación*
*4.1.1.5. Efectuar medición*
*4.1.1.6. Establecer resultados*
*4.1.1.7. Presentar informe*

**4.2. Un ejemplo de Evaluación**

4.2.1. Establecimiento de la evaluación

4.2.2. Planificación de la evaluación

4.2.3. Modelo de calidad y puntuación

4.2.4. Efectuar medición

4.2.5. Resultados

4.2.6. Informe

*Términos Claves*

*Lecturas Recomendadas*

# COMPONENTES FINALES DEL TEXTO

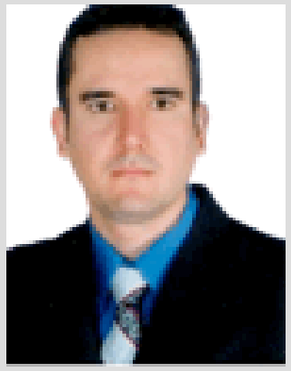

Bibliografía

Lista de Figuras

Lista de Tablas

# COMPONENTES INICIALES DEL TEXTO

Autor:
**Andrés Rey Piedrahita**



Andrés Rey Piedrahita, nacido en Tuluá, Valle del Cauca – Colombia en (1978), egresado de la Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali – Valle del Cauca, del Programa Ingeniería Electrónica durante el primer período académico del (2002) como Ingeniero Electrónico.

A nivel de postgrado cuenta con una Especialización en Telemática (Universidad del Cauca), una Maestría en Ingeniería Informática (Universidad Autónoma de Occidente), y otra en Ingeniería Telemática (Universidad de Vigo). Actualmente es candidato a Doctor en Ingeniería Telemática en la Universidad de Vigo.

Su experiencia docente está enmarcada desde el año de (2003) en la Universidad Central del Valle de Cauca.

**Experiencia laboral:**
Vinculado a la Universidad Central del Valle, Facultad de Ingeniería como:
Docente Tiempo Completo, desde el segundo período académico, año (2010) a la fecha.

Docente hora cátedra, del segundo período académico, año (2003) al primer período académico, año (2010).

Vinculado a la Universidad autónoma de Occidente, Facultad de Tecnología como:
Docente hora cátedra, del segundo período académico, año (2011) a la fecha.

**PUBLICACIÓN -LIBRO:**
Rey, Andrés. (2012). E-Learning en Entornos Virtuales 3D de Múltiples Usuarios. Santiago de Cali: Universidad Central del Valle y Poemia.

Contacto: arey@uceva.edu.co

A

**AENOR:**
Asociación Española de Normalización y Certificación

C

**COBIT:**
(*Control Objectives for Information and Related Technology*), Objetivos de Control para la Información y Tecnologías Relacionadas

**CMMI:**
(*Capability Maturity Model Integration*)

F

**FURPS:**
(*Funcionality, Usability, Reliability, Performance, Supportability*), funcionalidad, usabilidad, fiabilidad, rendimiento, compatibilidad

H

**HW:**
Hardware

**ICONTEC:**
Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

**IEC:**
(*International Electrotechnical Commission*), Comisión Electrotécnica Internacional

**ISO:** (*International Organization for Standardization*), Organización Internacional para la Estandarización

**LCMS:**
(*Learning Content Management System*), Sistema de Gestión de Aprendizaje y Contenidos

**LMS:**
(*Learning Management System*), Sistema de Gestión de Aprendizaje

**SEI:**
(*Software Engineering Institute*), Instituto de Ingeniería de Software

**SQuaRE:**
(*Software Quality Requirements and Evaluation*), Requisitos de calidad de software y evaluación

**SW:**
Software

**TIC:**
Tecnologías de la Información y la Comunicación

**TR:**
(*Technical Report*), Informe Técnico



En la actualidad los cambios que sufre la sociedad generan nuevas presiones y demandas a las instituciones de educación. Muchos de los desafíos son derivados de las nuevas generaciones de estudiantes que poseen muchas más competencias tecnológicas.

Varios análisis realizados a esta situación han señalado que los jóvenes se resisten a centrar su atención en los contenidos estáticos y poco interactivos utilizados tradicionalmente en el aprendizaje, debido a que la forma de interacción con estos contenidos es muy opuesta a lo que ellos están acostumbrados en su vida cotidiana, que es una exposición a contenidos multimedia, juegos y a las TIC. Papert (1994).

Lo anterior está llevando a la comunidad educativa a incursionar en nuevas formas educativas que incorporen las nuevas tecnologías, para pasar una perspectiva de contenidos estáticos a dinámicos accedidos incluso desde pequeños dispositivos móviles en cualquier momento y lugar, dándole el protagonismo al alumno en vez de al docente, y facilitando enfoques de colaboración como base para el aprendizaje.

Uno de los aspectos más importantes en esta situación es que al utilizar efectivamente distintas tecnologías se tiene el potencial de cambiar la dinámica del aprendizaje, fomentando nuevos enfoques pedagógicos Callaghan, Harkin, McGinnity, & Woods (2006).

Es claro entonces que se hace necesaria la incorporación de la tecnología en los procesos de enseñanza y aprendizaje, pero para obtener el máximo beneficio diversos aspectos deben ser considerados. En este curso se trata uno de los más importantes, la calidad, más precisamente la evaluación de la calidad de la tecnología educativa.


DESARROLLO
DE CAPÍTULO I
NETWORK SEARCH
-SHOW BUSINESS
-NETWORK
-MUSIC
-CINEMA
-BUSINESS/FINANCE
-WORLD NEWS
NETWORK SEARCH NETWORKING
-VIDEO
-MUSIC
-FILMS
-SEARCH
-CONTACTS
-MESSAGES
LOADING 100%
MEDIA
SELECT CATEGORY
-CULTURE
-ECONOMIC
-FINANCE
-BUSINESS
-MEDIA
-PEOPLE
-CREATIVE
-TUTORIALS
-INVESTMENT

# 1

## CONTENIDO CAPÍTULO I



Calidad y Estándares Internacionales



# Calidad y Estándares Internacionales

# 1 Calidad y Estándares Internacionales

Presenta el panorama de la calidad y los estándares internacionales. Inicia con varias definiciones para el concepto de calidad en general y para el concepto de calidad del software. Este capítulo aborda también diferentes conceptos relacionados con la gestión y aseguramiento de la calidad, y finaliza describiendo el marco normativo propuesto por los organismos de estándares internacionales para la gestión y evaluación de la calidad de productos software.

## 1.1. Concepto de Calidad

Algunos autores como Deming (1886). Proponen que el concepto de calidad relaciona la conformidad con los requerimientos y la confiabilidad en el funcionamiento. Otros como Crosby citado por Suárez (1992), enfatizan en la prevención expresando que la calidad está asociada a cero defectos. Juran citado por Suárez (1992), plantea que la calidad, además indica un producto libre de deficiencias, debe poseer características que permitan la satisfacción del usuario.

Por su parte, los organismos de estandarización de los cuales se hablara bastante en este curso, han tratado ampliamente el tema de la calidad. Por ejemplo, la Organización Internacional de Estándares (International Organization for Standardization, ISO), que es quizá la entidad más reconocida en estos temas, define en la calidad como el conjunto de todas las características de un producto o servicio que le otorgan su capacidad para satisfacer unas necesidades específicas. ISO 8402 (1994).

Las definiciones presentadas permiten acercarse al significado que encierra este concepto, el cual relaciona las propiedades de un producto que generan una experiencia para el usuario al momento de su uso que puede ser medida buscando determinar si este cumple con las expectativas y necesidades especificadas. A continuación se presenta una definición para calidad dada por la Real Academia de la Lengua Española que resulta muy adecuada para los propósitos del curso.

***Calidad***
***Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor RAE (2013).***

Por último, es necesario realizar dos anotaciones importantes en relación a la calidad. Primero, que esta no corresponde a un concepto absoluto debió a que son los usuarios o consumidores los que la juzgan, introduciendo cierto subjetivismo en su apreciación. Segundo, que para lograrla se debe llevar a cabo una gestión de la calidad que permita que coincidan los tres posibles orígenes de la calidad que son: la calidad programada, que es la que se planea obtener; la calidad realizada, que es la que se logra con el trabajo efectuado; y la calidad necesaria, que es la que demanda el cliente para cumplir con las expectativas. Piattini, García & Caballero (1996).

# 1.2. Calidad de la Tecnología

En el ámbito de la tecnología informática se puede clasificar a cualquier dispositivo electrónico (Hardware, HW) como tecnología dura y al software (SW) como tecnología blanda. En este curso al hablar de evaluación de la calidad de la tecnología educativa, nos estaremos refiriendo por lo general a tecnología blanda en la cual el producto a evaluar es considerado un objeto no tangible.



## 1.2.1. Concepto de Calidad del Software.

Al ser el software un producto intangible presenta características diferentes a los productos tangibles. No se fábrica, se desarrolla a partir de la combinación de instrucciones lógicas, tampoco se deteriora con el uso y repararlo equivale a realizar cambios en las instrucciones lógicas. Piattini (1996).

En cuanto a la calidad del software esta es definida por el estándar IEEE 610 como "el grado con que un sistema componente o proceso cumple los requisitos especificados y las necesidades o expectativas del cliente". IEEE (1990).

La definición anterior concuerda con las definiciones de calidad presentadas para un producto en general, diferenciándose de que en este caso el producto pasa a ser un sistema componente o proceso.

Además, es necesario señalar que la calidad del software se debe evaluar tanto en el ***Producto Final*** como en el ***Proceso De Desarrollo*** del mismo. Por lo que los objetivos de calidad que se especifiquen inicialmente para un producto, llevarán a establecer aspectos del proceso de desarrollo que serán los que permitan obtenerla. Callaos (1996).

A continuación, como idea a resaltar, se presenta una definición que recoge los elementos presentados para calidad del software.

***Calidad del Software***

***Concordancia del software producido con los requisitos explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo expresamente fijados y con los requisitos implícitos, no establecidos formalmente, que desea el usuario. Pressman (2010).***

En relación a la definición anterior es importante señalar tres cosas: Todo desarrollo realizado para un producto software debe establecer de manera precisa los requisitos o funciones a realizar por el sistema, los cuales quedan escritos en un documento conocido generalmente como documento de especificación de requisitos; el proceso de desarrollo debe estar fundamentado en la aplicación de estándares internacionales y normas de desarrollo que son los que admitirán lograr la calidad; y los requisitos implícitos no se establecen en la especificación de requisitos, pero deben ser satisfechos o la calidad del software puede ser cuestionada.

## 1.3. Gestión de la Calidad

Para lograr la calidad técnica se debe llevar a cabo una gestión de la misma que permita que coincidan sus tres posibles orígenes, la calidad programada, la calidad realizada, y la calidad necesaria. ***La Gestión de Calidad*** es el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad. ISO 9000 (2000); la gestión de la calidad incluye el establecimiento de políticas de calidad, objetivos de calidad, aseguramiento de calidad, entre otros.

Antes de abordar algunos de los aspectos de la gestión de calidad, es necesario conocer un poco el panorama de la estandarización y los organismos que la manejan.



## 1.3.1. Estandarización.

La ISO define estandarización o normalización como la actividad que tiene por objeto establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes y repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo en un contexto dado, que puede ser tecnológico, político o económico.

Las organizaciones dedicadas al estudio y formulación de estándares se clasifican de acuerdo al alcance de sus propuestas, así: Nacional, que corresponde a las entidades que como su nombre lo indica, formulan normas que son aplicadas en el espacio de un país; regional, se conforman al agrupar varias entidades de carácter nacional y tienen validez en una zona geográficamente extensa como por ejemplo un continente; internacional, similar al anterior, pero sus normativas tienen aplicación a nivel mundial.

La creación de una norma internacional se puede dar de la siguiente manera: creando un estándar nacional que posteriormente se transforme en regional y más tarde en una norma internacional; o que la norma sea propuesta y aprobada directamente por el organismo internacional de normalización. Las normas admitidas son sometidas a un período de prueba en el cual todos los países miembros de la organización y partes interesadas efectúan comentarios acerca de la misma, pudiendo llevar a modificaciones antes de la aprobación final. Rey (2012).

En la Tabla 1 se muestran algunos de los organismos de estandarización más conocidos clasificados de acuerdo al alcance de sus estándares.

Tabla 1. Organismos de Estandarización más Conocidos

| Alcance | Organismo | Sigla |
|---|---|---|
| **Internacional** | International Organization for Standardization | ISO |
| | International Electrotechnical Commission | IEC |
| | International Telecommunications Unión | ITU |
| **Nacional** | American National Standards Institute | ANSI |
| | British Standard Institution | BS |
| | Association Française de Normalisation | AFNOR |
| | Asociación Española de Normalización y Certificación | AENOR |
| | Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación | ICONTEC |
| **Regional** | Asociación Mercosur de Normalización | AMN |
| | Asia Pacific Economic Cooperation | APEC |
| | Comisión Panamericana de Normas Técnicas | COPANT |
| | European Committee for Electrotechnical Standardization | CENELEC |
| | European Committee for Standardization | CEN |

De la tabla anterior se destaca la ISO que está encargada de favorecer la estandarización o normalización en el mundo. Establecida en 1947, funciona como una red de asociaciones de normalización que abarca más de 140 países, que trabajan en colaboración con los gobiernos, empresas y organizaciones de usuarios. La sede se encuentra en Ginebra Suiza, pero cuenta con oficinas delegadas en los diferentes países; de cada país solo puede ser miembro una sola organización.



El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), es el Organismo Nacional de Normalización de Colombia. Es el organismo representante de la ISO en Colombia, y está encargado de la creación de normas técnicas y de la certificación de normas de calidad para empresas y actividades profesionales; debido a la apertura económica y la negociación de los acuerdos de libre comercio, ICONTEC actualmente cuenta con oficinas en Colombia, Ecuador, Perú, Chile, El Salvador, Guatemala, Honduras Panamá, Costa Rica, Nicaragua, República Dominicana, México, Brasil, lo cual lo ha está convirtiendo en un organismo de Certificación y formación líder en el mercado del continente.

Para la evaluación de la calidad de la tecnología educativa se presentaran propuestas basadas en estándares de las familias ISO, de allí que se quiera resaltar la importancia de esta organización.

## 1.3.1. Ámbitos de la gestión de la calidad.

Existen dos ámbitos de actuación para el tratamiento de la calidad estos son: A nivel de organización o empresa, el cual radica en la creación de una estructura organizativa adecuada para fomentar el trabajo de calidad de todos los miembros de la organización y dependencias; y a nivel de proyecto, donde se adaptan y aplican las directrices de calidad establecidas a nivel de organización de acuerdo a las condiciones y características de cada proyecto.

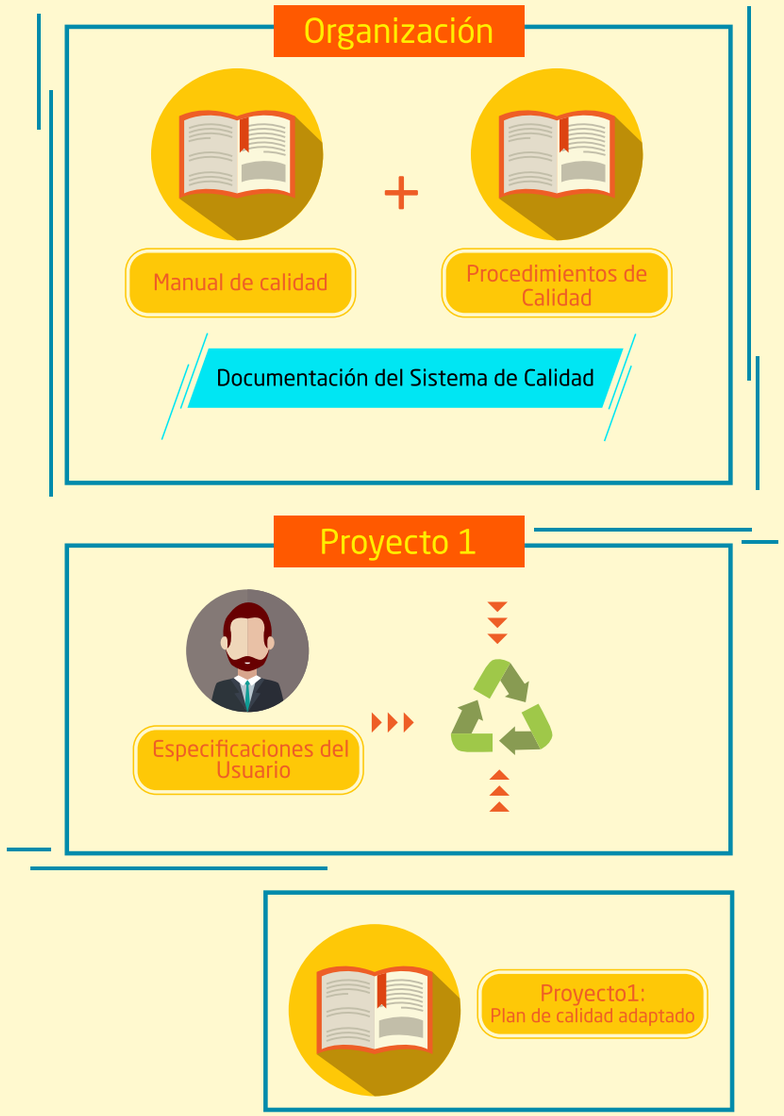
Para lograr una estructura organizacional de calidad se requiere de un sistema de calidad que este alineado a los objetivos de la empresa. En este sentido la norma ISO 9000 define ***Sistema de Calidad*** como la estructura de la organización, de recursos, y de procedimientos necesarios para llevar a cabo la gestión de calidad. ISO 8402 (1994).

Un sistema de calidad se compone de dos partes, la documentación y la parte práctica. La documentación describe el sistema de calidad y sus procedimientos de acuerdo alguna norma, y se conforma básicamente: del manual de calidad, que es la descripción del sistema de calidad y sirve como guía para su aplicación; los procedimientos de calidad, que son instrucciones específicas para ciertas actividades o procesos; y los registros de datos sobre calidad, que almacenan información sobre actividades relacionadas con la calidad. La parte práctica, por otro lado es donde se encuentran los aspectos físicos y humanos.

A nivel del proyecto, para cumplir las directrices de calidad establecidas a nivel de organización, se debe generar un plan específico de calidad denominado: *Plan de Aseguramiento de Calidad*. Este plan contiene: Los objetivos de calidad del proyecto, la documentación del plan, estándares y normas que hay que cumplir, actividades de revisión y auditorias entre otros.

**Figura 1.** Relación entre los ámbitos de calidad

La figura 1 ilustra la relación entre los elementos mencionados para la gestión de la calidad tanto en el ámbito de organización como en el de proyecto.



## 1.3.3. Marco normativo para la gestión de la calidad.

La ISO ha formulado una serie de estándares para la gestión de la calidad y para el aseguramiento de la calidad, conocidos en conjunto como estándar o norma ISO 9000; el ***Aseguramiento de Calidad*** es la parte de la gestión de calidad que está orientada a proporcionar confianza en que se cumplirá los requisitos de calidad. ISO 9000 (2000).

Las normas ISO 9000 se pueden dividir en dos grupos: Normas para el aseguramiento externo de la calidad, y las normas para la gestión interna de la calidad; en la tabla 2 se recogen para cada uno de estos grupos algunas de las normas que los conforman indicando el objetivo y alcance.



Tabla 2
Algunas Normas de la Familia ISO 9000

| Número de Norma | Título | Objetivo y Alcance |
|---|---|---|
| ISO 8402 | Gestión de la Calidad y Aseguramiento de la Calidad. Vocabulario | Define los términos relativos a la calidad para la preparación y uso de las normas relativas a esta materia y para la mutua comprensión en la comunidad internacional. |
| ISO 9000-1 | Gestión de la Calidad y Aseguramiento de la Calidad. Parte 1: Lineamientos para la selección y uso. | Clarifica los principales conceptos relativos a la calidad y las distinciones e interrelaciones entre ellos. Es una guía para la selección y uso del resto de normas de la familia ISO 9000. |
| ISO 9001 | Sistema de Calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad de diseño, desarrollo, producción, instalación y el servicio postventa. | Específica los requisitos de sistema de la calidad para ser usado cuando debe ser demostrada la capacidad del suministrador en cada una de estas etapas. |
| ISO 9002 | Sistema de Calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción, instalación y el servicio postventa. | Ídem, para las etapas indicadas. |
| ISO 9003 | Sistema de Calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en la inspección y ensayos finales. | Ídem, para las etapas indicadas. |
| ISO 9004-1 | Gestión de la Calidad y Elementos de los Sistemas de Calidad. Parte 1: Lineamientos. | Compone la guía sobre gestión de la calidad y los elementos que deben integrar los sistemas de calidad. |

Tabla 2
Algunas Normas de la Familia ISO 9000

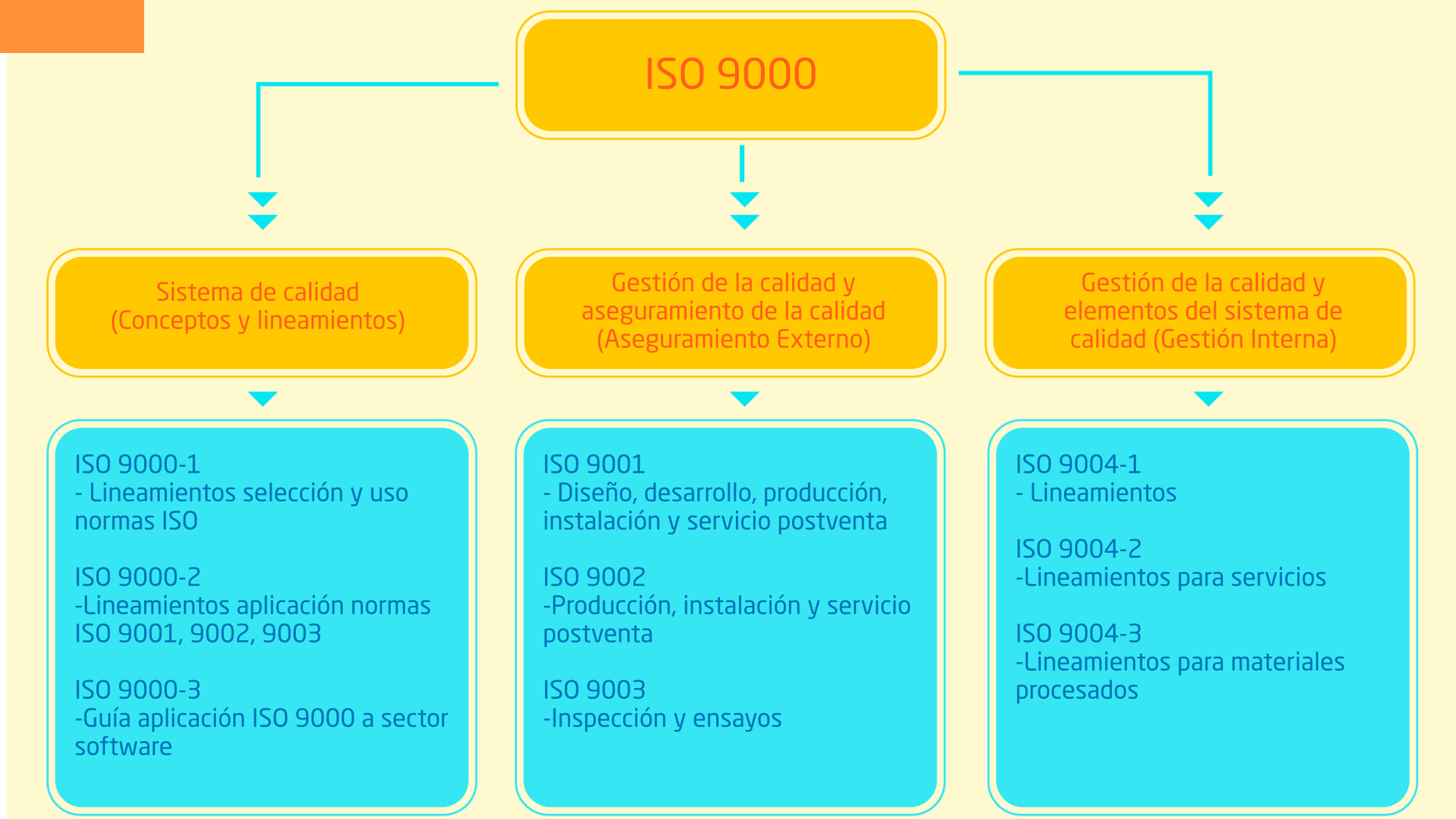
| Número de Norma | Titulo | Objetivo y Alcance |
|---|---|---|
| ISO 9004-2 | Gestión de la Calidad y Elementos de los Sistemas de Calidad. Parte 2: Lineamientos para los servicios. | Ídem, para las actividades de servicio. |
| ISO 9004-3 | Gestión de la Calidad y Elementos de los Sistemas de Calidad. Parte 2: Lineamientos para los materiales procesados. | Ídem, para este tipo de producto. |
| ISO 9000-2 | Normas para la Gestión de la Calidad y Aseguramiento de la Calidad. Parte 2: Lineamientos generales para la aplicación de la ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003. | Compone una guía para la aplicación de las normas sobre sistemas de calidad. |
| ISO 9000-3 | Normas para la Gestión de la Calidad y Aseguramiento de la Calidad. Lineamientos sobre la aplicación de la ISO 9000 al desarrollo, suministro y mantenimiento de software | Establece los lineamientos para facilitar la aplicación de la ISO 9001 en organizaciones que desarrollan, suministran y brindan mantenimiento de software. |

Sintetizando un poco la información presentada en la Tabla 2 se puede decir que cada norma tiene un objetivo definido y dentro de las normas para el aseguramiento externo de la calidad se tienen la ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003. En cuanto a las normas para la gestión interna de la calidad se tienen las normas ISO 9004-1, ISO 9004-2, ISO 9004-3; las normas ISO 9000-1 e ISO 9000-2 son guías para la correcta aplicación de estas normas.

Es importante resaltar que si bien la familia ISO 9000 fue en principio diseñada para aplicaciones industriales en general, se encuentra una norma, ISO 9000-3 que como se describe en la tabla es pensada para empresas de software.

La figura 2 permite observar de una manera más clara, la relación entre los diferentes estándares de aseguramiento de la calidad ISO mencionados, tanto para el ámbito externo como interno.

**Figura 2.**
Clasificación
Normas ISO 9000



El panorama de normas ISO es muy amplio y se encuentran diversas normas tanto para la gestión de la calidad del proceso de desarrollo, como para la evaluación de la calidad del producto final. Las normas ISO 9000 mencionadas son las más relevantes para la gestión de la calidad en los procesos, pero debe tenerse presente que además de éstas puede existir otras que las extiendan o complementen; no se profundizará en estas normas porque el objetivo del curso está en la evaluación de la calidad de productos educativos, y no en su proceso de desarrollo.

Antes de abordar el tema de evaluación de la calidad del producto se concluye esta pequeña introducción a la gestión de la calidad de los procesos con dos frases célebres que resumen presentado hasta el momento.

***"La calidad de un producto de software depende en gran medida de la gente, la organización y procedimientos que se utilizan para obtenerlo" Fuggetta (2000).***

***"La calidad de un producto depende de la calidad del proceso que se sigue para obtenerlo" Fuggetta (2000).***



## 1.3.4. Marco normativo para la evaluación de la calidad del software.

Se ha enfatizado que la calidad abarca tanto la calidad del producto final como la calidad de su proceso de desarrollo. Los esfuerzos de la industria se han enfocado en su gran mayoría en la aplicación de modelos de calidad del proceso y en menor medida a los modelos de producto. Chrissis, Konrad, & Shrum (2007).

Algunos expertos en el tema plantean que cumplir con un modelo de procesos de calidad, aporta a la calidad del producto pero no la garantiza. Kitchenham & Pfleeger (1996). Los procesos estandarizados, también llamados institucionalizados, no necesariamente llevan a obtener productos de calidad haciendo necesario que las evaluaciones de calidad deban basarse en evidencias extraídas directamente de los atributos del producto. Tom & Alan (2008).

Para la evaluación de la calidad la ISO ha formulado los estándares ISO/IEC 9126, ISO/IEC 14598 e ISO/IEC 25000. El estándar ISO 9126 formulado inicialmente en 1991 establece un modelo de calidad y su uso como marco para la evaluación de software. Esta norma distingue entre calidad interna y calidad externa, e introduce también el concepto de calidad en uso. Esta norma tiene como fundamento modelos de calidad aportados por diversas investigaciones realizadas en los últimos 30 años para la caracterización de la calidad del producto software.





La versión original del estándar ISO/IEC 9126 fue reemplazada en 2001 por dos estándares relacionados: El ISO/IEC 9126 para la calidad del software y el ISO/IEC 14598 para la evaluación de productos software.

El estándar más reciente el ISO 25000 del 2005 fue desarrollado en el seno del proyecto SQuaRE (Software Quality Requirements and Evaluation) tiene como objetivo fundamental guiar el desarrollo de los productos de software con la especificación y evaluación de requisitos de calidad. Este nuevo estándar se basa en las últimas versiones de las normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598 proponiendo que desde el proceso de desarrollo se tengan criterios para la especificación de los requisitos de calidad de productos software, incluyendo las métricas y su evaluación.

**Calidad** **Producto Software y Procesos**

***Actualmente una de las líneas de investigación importantes en la ingeniería del software, se centra en el análisis y establecimiento de las relaciones entre modelo, proceso, producto y características de calidad. Pardo (2013).***

Los estándares ISO/IEC 9126, ISO/IEC 14598 e ISO 25000 se constituyen en elementos importantes para la evaluación de la calidad de productos software, incluidos productos educativos, y serán el tema del siguiente capítulo donde se presenten con detalle. Se cierra este primer capítulo de introducción indicando una de las líneas de investigación que tiene mayor relevancia para el tema de la calidad de productos software.






1. Calidad
2. Calidad del Software
3. Sistema de Calidad
4. Gestión de la Calidad
5. Evaluación de la Calidad
6. Normas ISO Gestión de la Calidad
7. Normas ISO Evaluación de la Calidad



García Romero, C. (2001). El Modelo de Capacidad de Madurez y su Aplicación en Empresas Mexicana de Software. Puebla: Universidad de las Américas Puebla. p (10-18, 68-75). Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/garcia_r_ci/capitulo_2.html#

Mollineda , R., & Vos, T. (2003). Calidad y Testeo del Software. Actualidad TIC. *Revista del Instituto Tecnológico de Informática.* Universidad Politécnica de Valencia. p (12-16). Recuperado de: http://aulavirtual.eew.cvudes.edu.co/publico/lems/L.000.008.MG/evaluacion/Anexos/Cap1/3.pdf



# DESARROLLO DE CAPÍTULO II

## CONTENIDO CAPÍTULO II




# Modelos de Calidad



# 2 Modelos de Calidad

Se centra en el concepto de modelo de calidad, dada la importancia que este elemento tiene en un proceso de evaluación de calidad. Se describen los diferentes tipos de modelo y las propiedades, para finalmente presentar algunos de los modelos de calidad más sobresalientes.

# 2.1. Modelos de Calidad

La calidad del software ha sido tema de estudio e investigación en las últimas décadas arrojando como resultado estándares de calidad y también los denominados modelos de calidad. En el capítulo anterior se presentaron a manera introductoria algunos estándares ISO relacionados con la calidad a nivel de proceso y los que tratan la evaluación del producto final. En este capítulo se presenta el concepto de modelo de calidad, y se analizan algunos modelos de calidad propuestos para la evaluación del producto final.



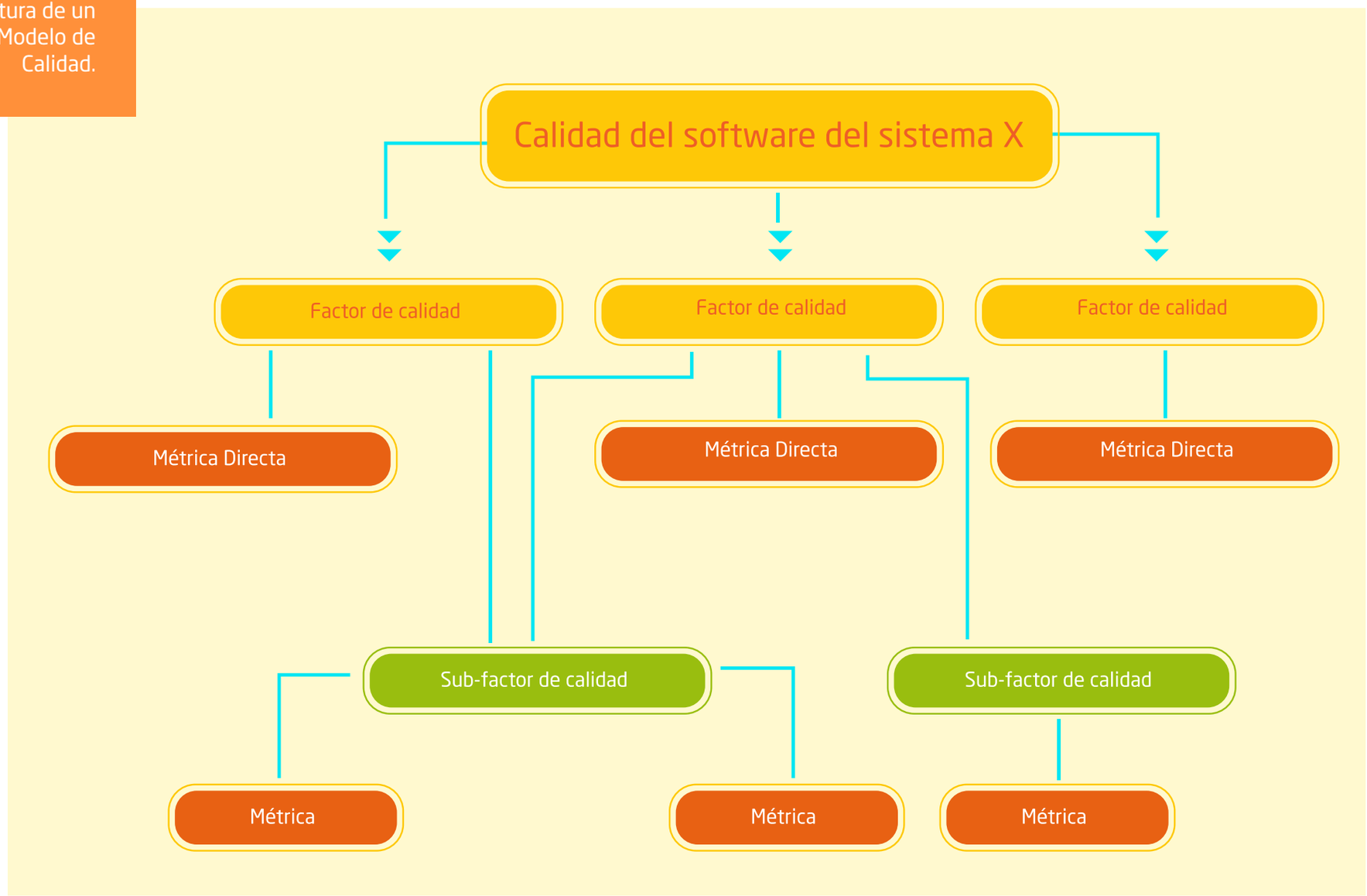
Se puede iniciar resaltando que el concepto de calidad es algo muy genérico por lo cual medirla de manera directa no es posible y esta labor constituye en todo un desafío. Algunos autores han propuesto que la solución al problema de evaluar la calidad del software, pasa por la descomposición del concepto genérico de calidad en propiedades (características o atributos) más sencillas de medir y evaluar, dándole el nombre de a este tipo de descomposición. Cataldi (2000).

La ISO dice que un modelo de calidad puede ser concebido como el conjunto de factores de calidad, y de las relaciones entre ellos, que suministran un soporte para la especificación y evaluación de la calidad. ISO 8402 (1996). Es decir, los modelos de calidad describen el "qué " mas no el "cómo" de la valoración de calidad de un producto software. Rubio (2005).

Los modelos de calidad presentan por lo general una estructura jerárquica donde se tiene factores genéricos que se van descomponiendo en otros más específicos que si pueden ser medidos mediante lo que se conoce como métricas. En la figura 3 se presenta la representación de una estructura jerárquica, propuesta en el estándar IEEE 1061, para los modelos de calidad.



**Figura 3.** Estructura de un Modelo de Calidad.




**Nota Fuente:** **Elaboración propia del autor a partir de la norma IEEE 1061.**

Para comprender mejor el concepto de modelo de calidad resulta adecuado precisar también la definición de términos como medida, medición y métrica.

**Medida**

Proporciona una indicación cuantitativa de la cantidad, dimensiones o tamaño de algunos atributos de un producto. Pressman (2010).

**Medición**

Acto de determinar una medida. Pressman(2010).

**Métrica**

Es una medida del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado. Pressman (2010).

A manera de complemento se debe indicar que en el campo del software existen también modelos de calidad propuestos para los procesos. Uno de los más conocidos es el CMMI (Capability Maturity Model Integration) que hace parte de la familia de modelos desarrollados por el SEI (Software Engineering Institute). Este modelo permite evaluar las capacidades de las organizaciones que trabajan en el campo del software, y proporciona un marco para organizar la evolución dentro de cinco niveles de madurez que van estableciendo elementos para la mejora continua de los procesos.

Algunos autores plantean que para procesos software la adopción de modelos como el CMMI presentan incluso mejores resultados que la implementación de normas ISO Alarcón (1999). Incluso se plantea que no hay mucha evidencia que indique que al cumplir con unos procesos estandarizados se asegure la calidad del producto, la estandarización de los procesos garantiza la uniformidad en la salida de los mismos, lo que puede incluso institucionalizar la creación de malos productos. Kitchenham (1996).

Sin entrar en esta discusión solo se puede afirmar que ambos, tanto los modelos de calidad como los estándares de calidad, son apuestas que deben hacer las empresas que buscan la calidad. Y lo anterior no significa que una empresa no pueda optar por implementar normas ISO y modelos de calidad simultáneamente. En todo caso lo importante es que las empresas que deciden implantar modelos o estándares de calidad, tienen como objetivo fundamental desarrollar de manera sistemática productos, bienes y/o servicios de mejor calidad y que cumplan con las necesidades y expectativas de sus clientes.

## 2.1.1. Tipos de modelos de calidad.

Piattini plantea que existen tres tipos de modelos de calidad: fijos, a medida, y mixtos. Piattini, Moraga, & Calero (2010). En los modelos de calidad fijos se dispone de un inventario de factores de calidad de partida, y para la evaluación de la calidad de un producto se selecciona un subconjunto de dichos factores. La ventaja de estos modelos fijos es que los factores de calidad siempre son los mismos, y se pueden reutilizar de una evaluación a otra. Como inconveniente se tiene que los factores de calidad siempre serán los mismos, y se asume que algunos de ellos serán suficientes para realizar cualquier evaluación. Como ejemplos de modelos de calidad fijos son el modelo de McCall, Richards, & Walters (1977). Boehm (1976) y FURPS (Grady & Caswell, 1987).



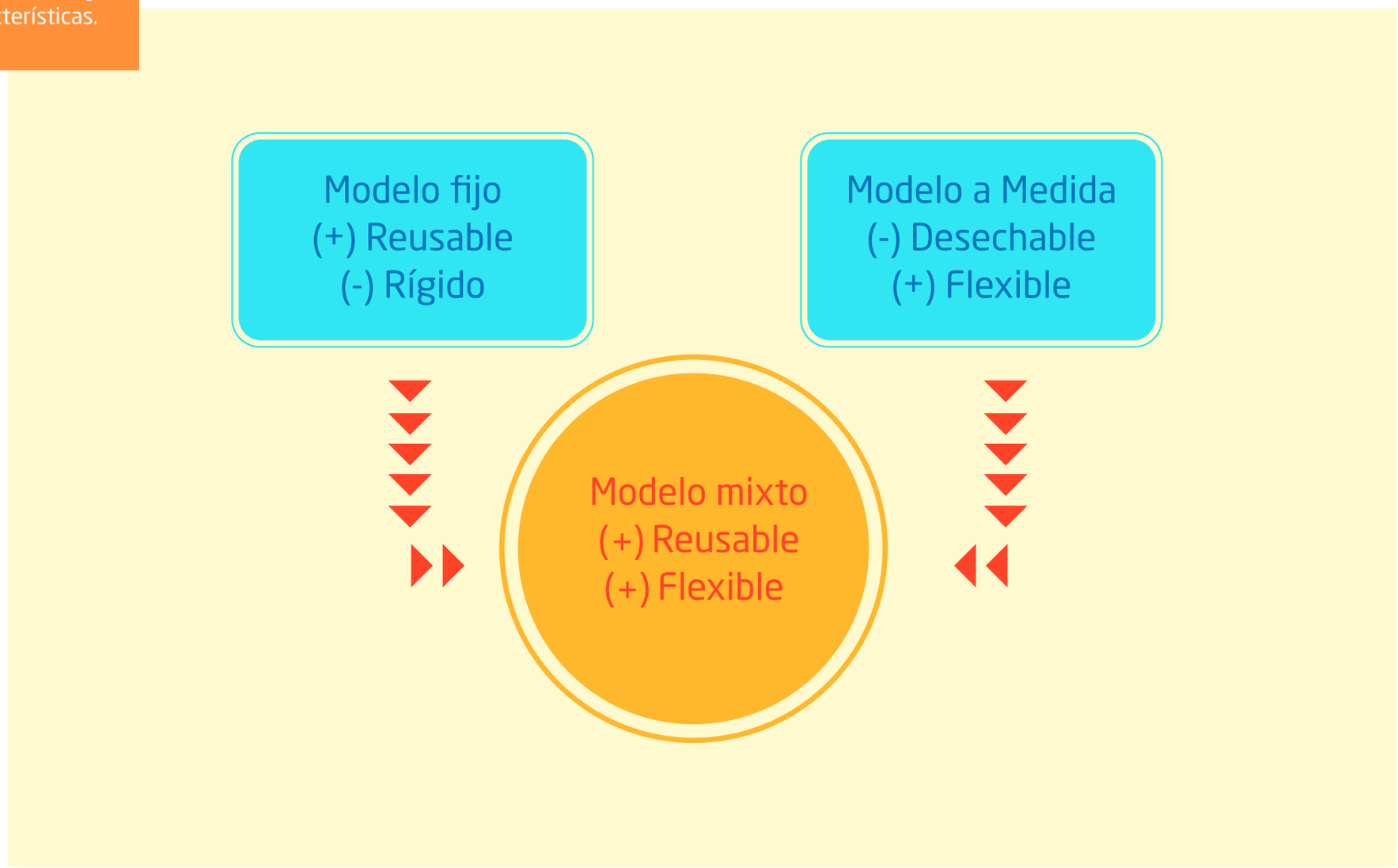
En los modelos de calidad a medida no se tiene inicialmente ningún conjunto de factores de calidad, ya que estos deben ser identificados de acuerdo al proyecto. El modelo de calidad se construye estableciendo objetivos a alcanzar, que serán los factores de calidad más abstractos que se descomponen a su vez en otros más concretos hasta llegar otros que puedan ser medidos. La ventaja con estos modelos es que pueden ser más refinados y precisos, pero el inconveniente es que deben ser construidos desde cero para cada proyecto, conllevando a mayores costos en comparación con los modelos fijos, además de no poder ser reutilizados fácilmente de un proyecto a otro. Como ejemplos de modelos de calidad a medida se puede mencionar el modelo GQM de Basili presentado en 1992, y el modelo que propone el estándar IEEE 8061 de (1998).

Los modelos mixtos intentan combinar las ventajas de los dos anteriores, buscando por un lado que existan de entrada un conjunto de factores de calidad más abstractos que puedan ser reutilizados en la mayor cantidad de proyectos posibles, pero que a su vez puedan ser refinados y operacionalizados para las necesidades de un proyecto particular.

Como ejemplos de modelos de calidad mixtos se puede citar ADEQUATE de Horgan (1999) y el modelo de calidad propuesto en el estándar ISO/IEC 9126 (2001), que será tratado con detalle en el siguiente capítulo; el estándar ISO 9126 recoge los resultados del trabajo realizado por diversos investigadores, y como ya se mencionó actualmente hace parte de la norma ISO 25000 aportando el modelo de calidad.

En la figura 4 se resaltan los tipos de modelos de calidad y sus características principales.

**Figura 4.**
Tipos de Modelos de Calidad y Características.




**Nota Fuente:** **Elaboración propia a partir de Piattini, Moraga, & Calero (2010)**

## 2.1.2. Propiedades de los modelos de calidad.

Piattini propone algunas propiedades importantes relacionadas con la estructura de estos modelos de calidad. Las propiedades indicadas son: número de capas, tipos de elementos del modelo, propósito del modelo, y la separación entre elementos internos y externos. Piattini, Moraga, & Calero (2010). A continuación se describen cada una de las características:

El número de capas del modelo de calidad indica el nivel de detalle con el que se describe el software, es decir, con más niveles se tiene una mayor descomposición que permitirá obtener una representación más precisa del software.

Los modelos de calidad presentan en común elementos de nivel superior y elementos de nivel inferior. Los elementos de nivel superior son los más genéricos y permiten también agrupar y clasificar otros elementos de más bajo nivel. Los elementos de más bajo nivel que son los que permiten realizar descripciones más detalladas, llegando al punto de hacer posible la evaluación mediante la medición de características observables del software.

La característica denominada *propósito del modelo de calidad* está asociado con el hecho de tener modelos muy específicos que son difícilmente reutilizables, o modelos muy generales que pueden ser reutilizados. De hecho el tipo de modelo de calidad (fijo, a medida, o mixto) determina esta característica.

La característica que alude a la separación entre elementos internos y externos, busca indicar si el modelo permite definir separadamente los factores externos (que son los que pueden ser percibidos por los usuarios) de los factores internos (que están relacionados con las características de construcción del producto). Es de resaltar que no todas las propuestas de modelos de calidad y/o normas permiten la separación de estos factores, para el caso de la norma ISO 9126 e ISO 25000, que son las que resultan de más interés para el curso, se observa claramente la separación.

En cuanto a la relación entre factores de calidad, esta no está solo definida por la estructura jerárquica que establezca el modelo, porque los factores de calidad se pueden encontrar relacionados unos con otros de acuerdo a otros criterios.

La última propiedad que es quizá la más importante indica la relación de las métricas con los factores de calidad, es decir, que en el nivel más bajo (el más específico) de la jerarquía deben existir métricas que permitan efectuar las mediciones.

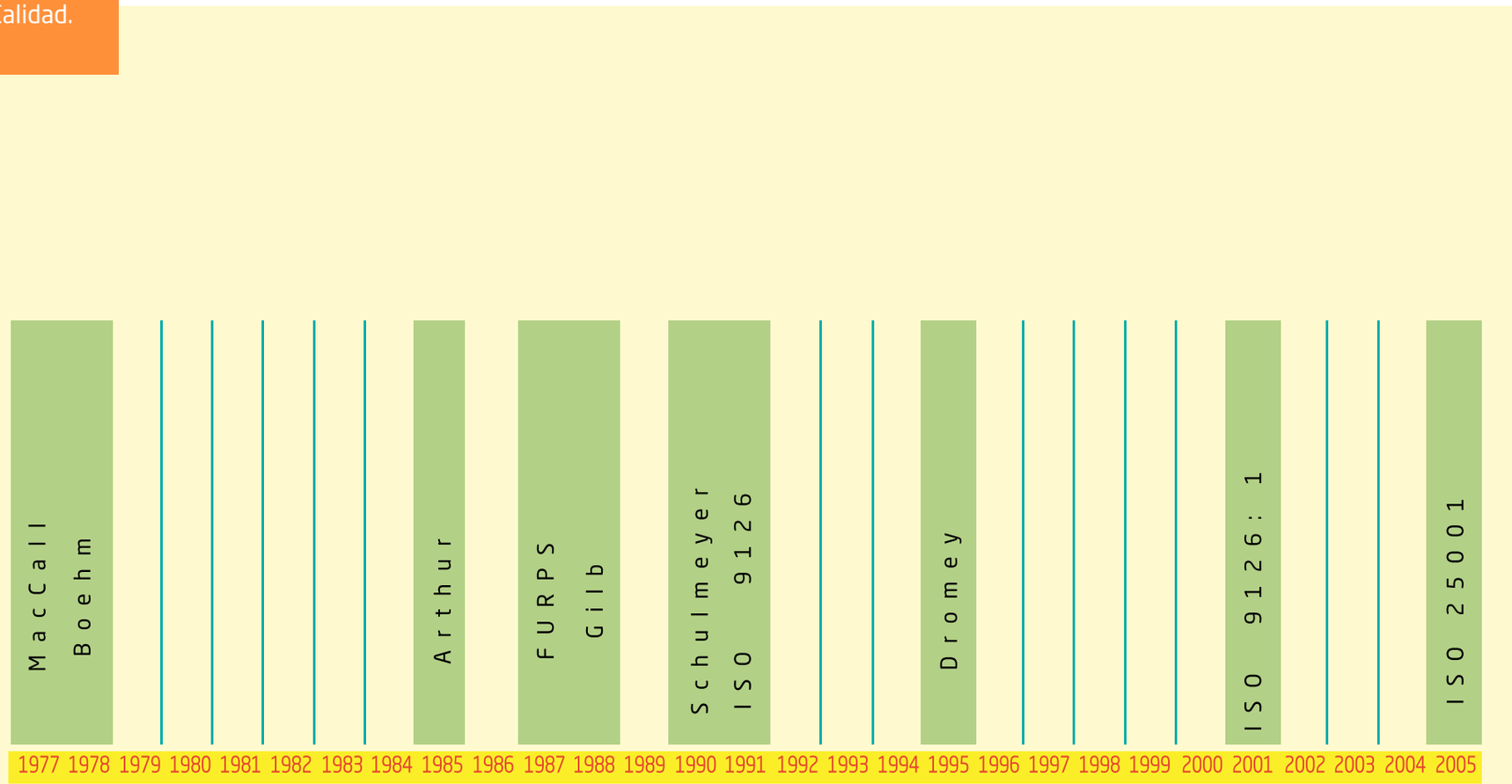
# 2.2. Algunos Modelos de Calidad.



La calidad del software debe ser evaluada con objetividad y no con subjetividad, es por esto que desde hace mucho tiempo para que se pudiera medir la calidad con objetividad, se empezaron a definir modelos que incorporaban lo que se conoce como factores de calidad.

Existen varias propuestas de modelos que definen factores cualitativos que afectan la calidad del software, la más conocida es quizá la de los factores de calidad de McCall y esta será una de las que se presente junto con otras propuestas como la de Boehm, o FURPS (Funcionality, Usability, Reliability, Performance, Supportability) de Hewlett-Packard, que son también conocidas y realizaron aportes interesantes. En la figura 5 se presenta una línea de tiempo que muestra la aparición de las propuestas más conocidas para modelos de calidad.

**Figura 5.**
Línea de Tiempo Modelos de Calidad.



Antes de presentar los modelos de calidad es conveniente resaltar que de una propuesta a otra, se maneja una notación diferente para referirse a los mismos conceptos, por ejemplo: McCall define ***factores***, criterios, y métricas; Boehm define ***características***, primitivas y métricas; y FURPS, define ***factores*** y atributos. Lo importante para evitar confusiones es recordar que los modelos de calidad presentan estructuras jerárquicas, donde los elementos de nivel superior son mucho más abstractos que los del nivel inferior que son más específicos y deben poder ser medidos con facilidad.



## 2.2.1. Modelo de calidad de MacCall.

Este modelo de calidad fue presentado en 1977 y propone una serie de factores de calidad conocidos como factores de McCall, Richards, & Walters (1977), la idea del modelo es la descomposición del concepto genérico de calidad en tres capacidades importantes para un producto software, todo desde la mirada del usuario. A su vez cada capacidad se descompone en un conjunto de factores y finalmente se definen criterios para evaluar el factor a través de métricas que indican en qué medida el sistema posee una característica dada. En la Tabla 3 se presentan detalladamente las capacidades y factores propuestos por McCall.

Tabla 3
Capacidades y Factores del Producto según McCall

| Capacidad | Factor | Significado |
|---|---|---|
| Operación | Corrección | Grado de cumplimiento de las especificaciones y objetivos del usuario |
| | Confiabilidad | Grado en el sistema está disponible para usarse. |
| | Usabilidad | Grado de esfuerzo necesario que se requiere para aprender a utilizarlo. |
| | Integridad o Seguridad | Grado en el que se controla el acceso al programa o los datos por usuarios no autorizados. |
| | Eficiencia o Performance | Cantidad de recursos y código requeridos por un programa para realizar una función. |

**Fuente:** Adaptado de McCall & Cavano (1978)

Tabla 3
Capacidades y Factores del Producto según McCall

| Capacidad | Factor | Significado |
|---|---|---|
| **Transición** | Portabilidad | Grado que mide el esfuerzo para migrar un programa de un entorno de operación a otro. |
| | Reusabilidad | Grado de esfuerzo requerido para que el programa o una de sus partes pueda ser utilizado en otro proyecto. |
| | Interoperabilidad | Grado de esfuerzo dedicado para que un sistema o programa pueda operar conjuntamente con otro. |

**Fuente:** Adaptado de McCall & Cavano (1978)

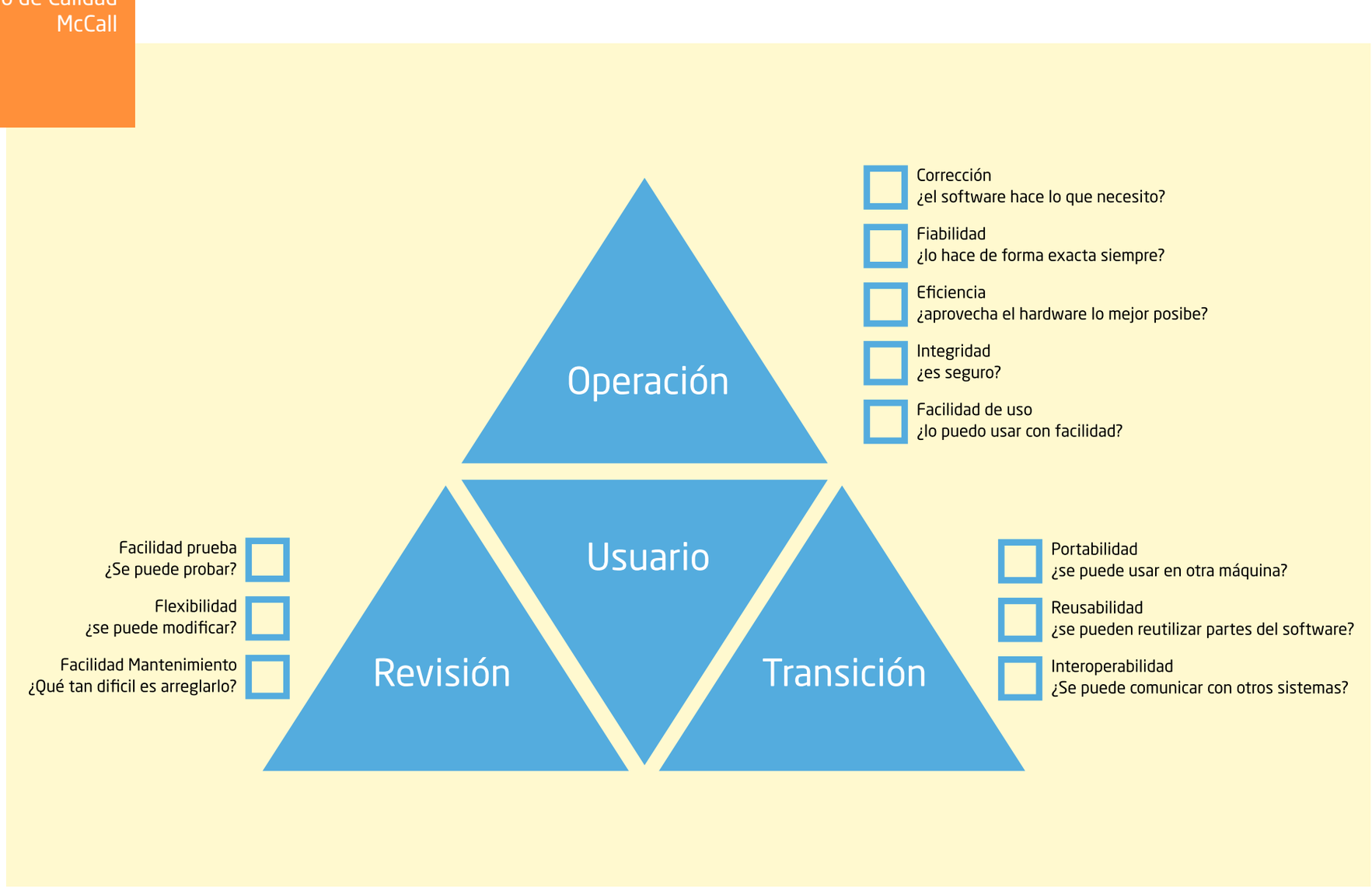
Tabla 3
Capacidades y Factores del Producto según McCall

| Capacidad | Factor | Significado |
|---|---|---|
| **Revisión** | Facilidad Mantenimiento | Esfuerzo requerido para localizar y corregir un error en un programa en funcionamiento. |
| | Flexibilidad | Esfuerzo requerido para modificar un software en funcionamiento. |
| | Facilidad de Prueba | Grado de esfuerzo requerido para probar un programa verificando que realice adecuadamente sus funciones. |

**Fuente:** Adaptado de McCall & Cavano (1978)

En la figura 6 se representa como el modelo está planteado desde la perspectiva del usuario.

**Figura 6.**
Modelo de Calidad McCall




**Nota Fuente:** Adaptado de Scalone (2006).

Las métricas propuestas por McCall para indicar el grado en que un sistema posee una determinada característica que impacte la calidad se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4
Métricas Propuestas por el Modelo de McCall

| Métrica | Significado |
|---|---|
| Auto documentación | Grado en que el código fuente brinda información de documentación importante. |
| Capacidad de expansión | Grado permitido de ampliación del diseño de la arquitectura de datos o procedural. |
| Compleción de las funciones | Grado en que se pudieron implementar las funciones requeridas. |
| Complejidad | Complejidad del sistema |
| Concisión | Densidad del programa en relación a las líneas de código. |
| Consistencia | Diseño uniforme del programa empleando técnicas de documentación. |

**Fuente:** Adaptado de McCall & Cavano (1978)

Tabla 4
Métricas Propuestas por el Modelo de McCall

| Métrica | Significado |
|---|---|
| Eficiencia de ejecución | Rendimiento en tiempo de ejecución |
| Estandarización de comunicaciones | Grado de uso de estándares y protocolos. |
| Estandarización de datos y estructuras | Manejo de tipos de datos y estructuras uniformes a lo largo del programa |
| Exactitud de cálculo y de control | Precisión obtenida en los cálculos |
| Facilidad de auditoría | Facilidad de comprobación |
| Independencia del hardware | Grado de desacople del software en relación al hardware donde opera. |

**Fuente:** Adaptado de McCall & Cavano (1978)

Tabla 4
Métricas Propuestas por el Modelo de McCall

| Métrica | Significado |
|---|---|
| Independencia del software | Grado de independencia del software en relación al sistema operativo, y otras limitaciones del entorno. |
| Instrumentación | Grado de auto-vigilancia en el funcionamiento e identificaciones de errores. |
| Modularidad | Independencia funcional de los componentes. |
| Operatividad | Facilidad de operación |
| Seguridad | Disponibilidad de elementos de protección del programa y la información. |
| Simplicidad | Grado de la dificultad para entender el software. |

**Fuente:** Adaptado de McCall & Cavano (1978)

Tabla 4
Métricas Propuestas por el Modelo de McCall

| Métrica | Significado |
|---|---|
| Tolerancia a errores | Grado de afectación causado por un error. |
| Trazabilidad | Capacidad de seguimiento y asociación de los requisitos con los elementos de diseño. |

**Fuente:** Adaptado de McCall & Cavano (1978)



Las métricas representan medidas indirectas, es decir, permiten medir la calidad pero no de manera directa sino a través de una manifestación visible de ella. La Tabla 5 presenta la relación entre algunos de los factores de calidad que propone McCall y algunas métricas comúnmente utilizadas para evaluar la calidad del software.

**Tabla 5:**
Relación entre Factores de Calidad y Métricas de la Calidad del Software

| Métricas de la Calidad del Software | Factores de Calidad | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Corrección | Confiabilidad | Eficiencia | Integridad | Mantenimiento | Flexibilidad | Facilidad Prueba | Portabilidad | Reusabilidad | Interoperabilidad | Usabilidad |
| Auto documentación | | | | | x | x | x | x | x | | |
| Capacidad de expansión | | | | | | x | | | | | |
| Compleción | x | | | | | | | | | | |
| Complejidad | | x | | | | x | x | | | | |
| Concisión | | | x | | x | x | | | | | |
| Consistencia | x | x | | | x | x | | | | | |

**Fuente:** Tomado de Fenton (1991)

**Tabla 5:**
Relación entre Factores de Calidad y Métricas de la Calidad del Software

| Métricas de la Calidad del Software | Factores de Calidad | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Corrección | Confiabilidad | Eficiencia | Integridad | Mantenimiento | Flexibilidad | Facilidad Prueba | Portabilidad | Reusabilidad | Interoperabilidad | Usabilidad |
| Eficiencia de ejecución | | | x | | | | | | | | |
| Estd. Comunicaciones | | | | | | | | | | x | |
| Estandarización de datos | | | | | | | | | | x | |
| Exactitud | | x | | | | | | | | | |
| Facilidad de auditoria | | | | x | | | x | | | | |
| Facilidad de formación | | | | | | | | | | | x |

**Nota Fuente:** Tomado de Fenton (1991)

**Tabla 5:**
Relación entre Factores de Calidad y Métricas de la Calidad del Software

| Métricas de la Calidad del Software | Factores de Calidad | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Corrección | Confiabilidad | Eficiencia | Integridad | Mantenimiento | Flexibilidad | Facilidad Prueba | Portabilidad | Reusabilidad | Interoperabilidad | Usabilidad |
| Generalidad | | | | | | x | | x | x | x | |
| Independencia hardware | | | | | | | | | x | x | |
| Independencia del sistema | | | | | | | | | x | x | |
| Instrumentación | | | | x | x | | x | | | | |
| Modularidad | | x | | | x | x | x | x | x | x | |
| Operatividad | | | x | | | | | | | | x |

**Nota Fuente:** Tomado de Fenton (1991)

**Tabla 5:**
Relación entre Factores de Calidad y Métricas de la Calidad del Software

| Métricas de la Calidad del Software | Factores de Calidad | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Corrección | Confiabilidad | Eficiencia | Integridad | Mantenimiento | Flexibilidad | Facilidad Prueba | Portabilidad | Reusabilidad | Interoperabilidad | Usabilidad |
| Seguridad | | | | x | | | | | | | |
| Simplicidad | | x | | | x | x | x | | | | |
| Tolerancia a errores | | x | | | | | | | | | |
| Trazabilidad | x | | | | | | | | | | |

**Fuente:** Tomado de Fenton (1991)

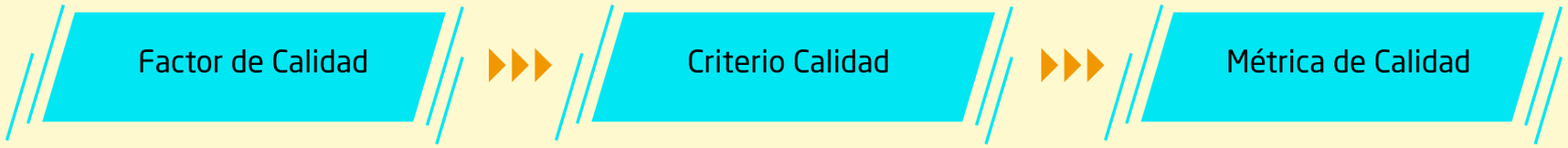
Este modelo es un modelo de calidad fijo y para realizar la evaluación de la calidad de un producto utilizándolo, se selecciona un subconjunto de factores y métricas aceptando que solo están disponibles las que propone el modelo.

## 2.2.2. Modelos de calidad BOEHM.

Este modelo de calidad fue propuesto por Barry Boehm en el año de 1978 y es similar al modelo de McCall definiendo la calidad en términos de atributos cualitativos y métricas para realizar las medidas, ver figura 7.



**Figura 7.**
Relación entre Factores y Métricas en el Modelo de Calidad de Boehm.

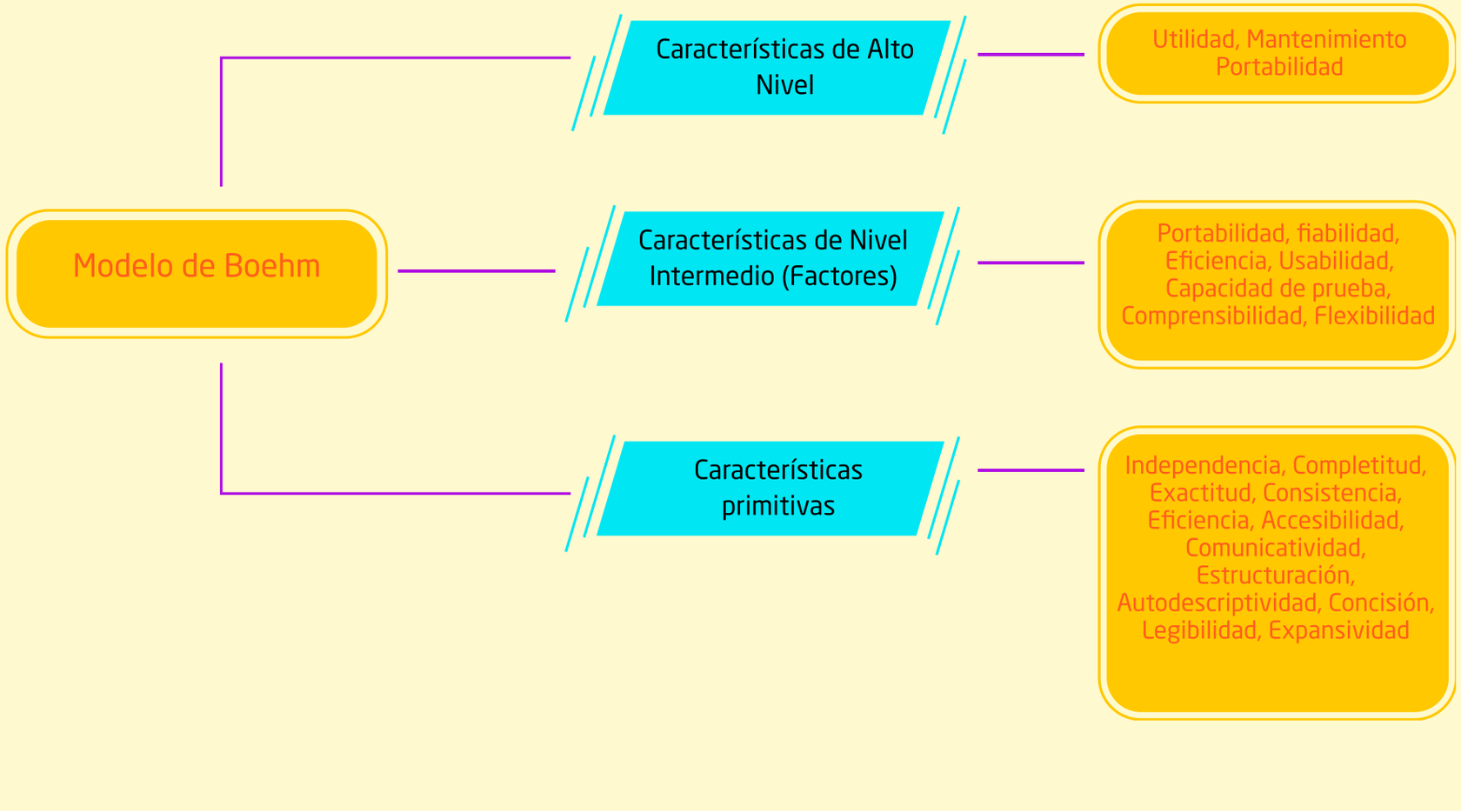



**Nota Fuente:** Elaborado a partir de Scalone (2006)



Dentro de los factores que se describen en el modelo se toman muchos de los que propone McCall. La estructura jerárquica del modelo se presenta en la figura 8 y plantea 3 niveles para las características: de alto nivel, de nivel intermedio y nivel primitivo.

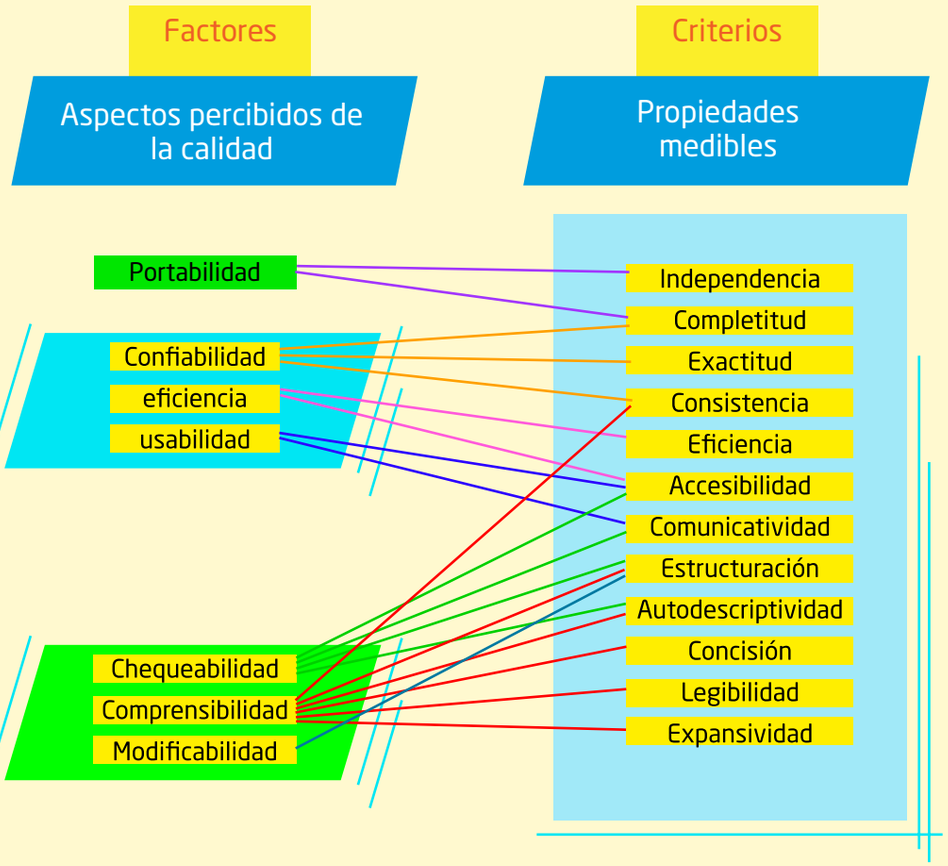
**Figura 8.** Estructura del Modelo de Calidad de Boehm.




**Nota Fuente:** Elaborado a partir de Scalone (2006)

**Figura 9.** Relación entre Factores y Criterios en el Modelo de Boehm.

La relación entre factores y características/propiedades/criterios medibles se presenta en la figura 9.




**Nota Fuente:** Elaborado a partir de Scalone(2006)

## 2.2.3. FURPS.

Modelo de calidad propuesto por Robert Grady y Hewlett Packard Co (HP) en 1987. Esta propuesta contempla, por un lado 5 características de las cuales se deriva su nombre (Funcionalidad, Facilidad de Uso, Confiabilidad, Performance y Facilidad de Soporte), y por otro, que los requisitos se clasifiquen en dos categorías: requisitos funcionales (F), que son los que especifican funciones que el sistema debe ser capaz de realizar sin tener en cuenta las restricciones físicas; y requerimientos no funcionales (URPS), que puntualizan atributos del sistema o del medio ambiente del sistema. En la figura 10 se presenta la representación de este modelo.

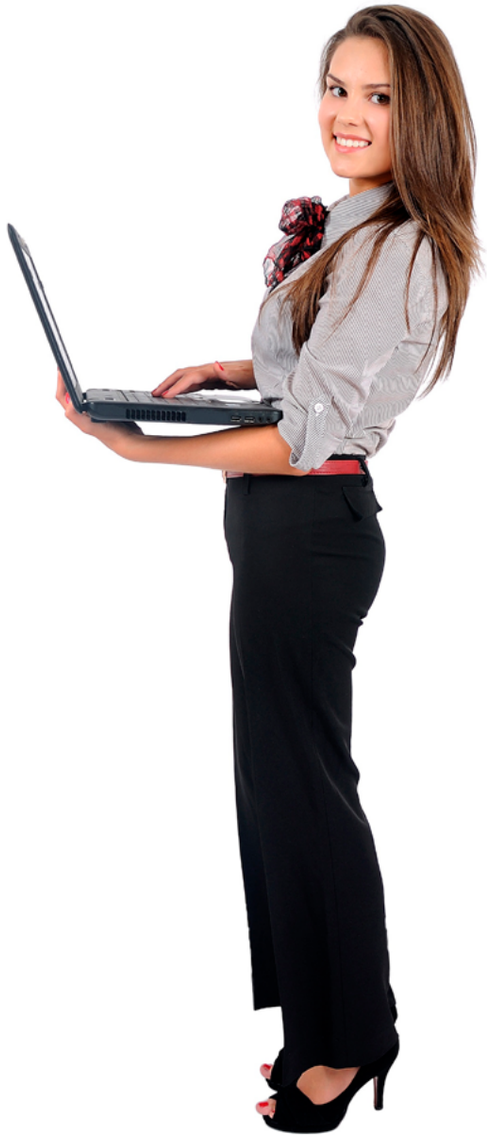
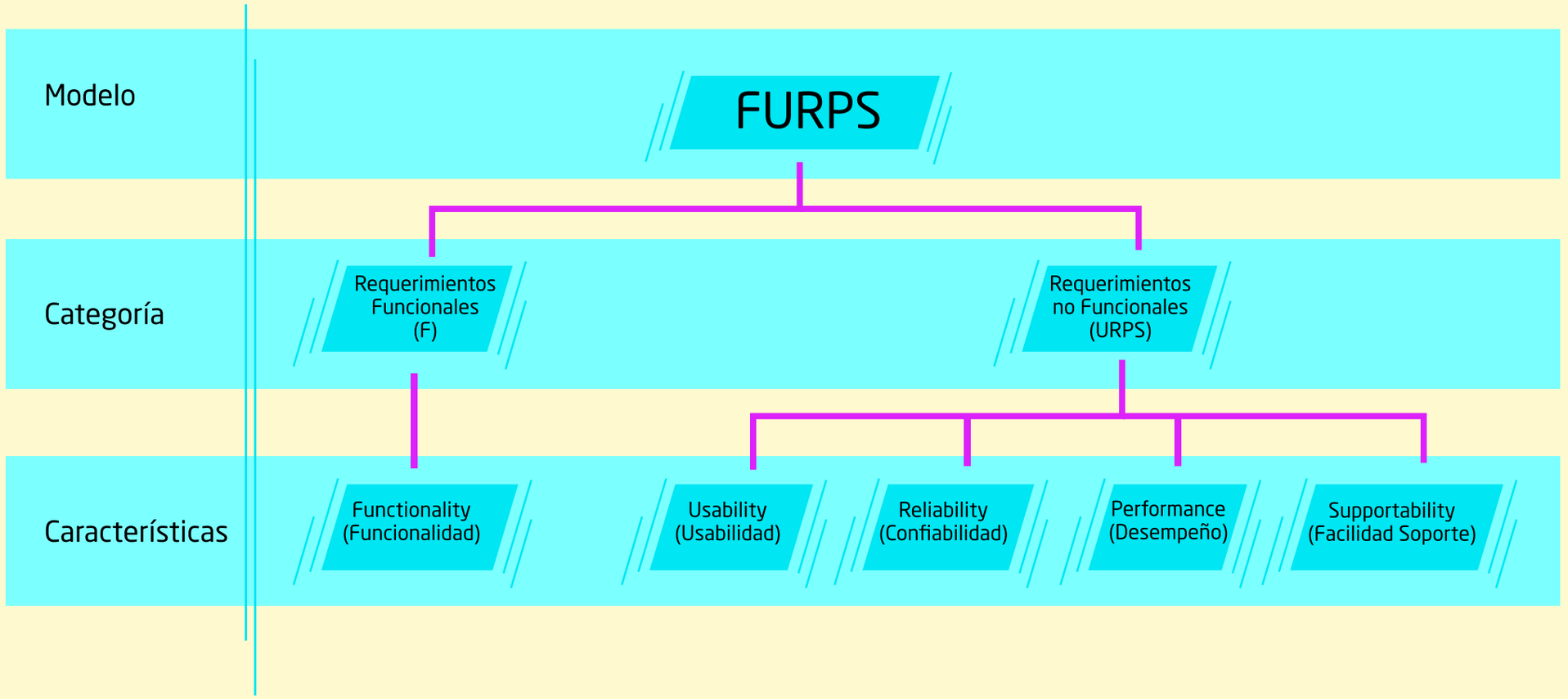


**Figura 10.**
Modelo de Calidad FURPS.



Este modelo es también un modelo de calidad fijo y para realizar la evaluación de la calidad de un producto, primero se asignan prioridades y después se definen los atributos de calidad que pueden ser medidos.

## 2.2.4 Estándares y modelos de calidad.

Se puede dar el caso de que un estándar proponga un modelo de calidad, como es el caso del estándar ISO 9126 que define un modelo de calidad mixto, basándose en elementos definidos en modelos ya existentes como McCall & Boehm (1976).

La norma ISO 9126 presenta dos partes, la primera es el modelo de calidad para tratar la calidad externa e interna, y la segunda es el modelo de calidad uso para tratar la calidad en uso; esta norma será presentada en el siguiente capítulo.




1. Modelo de Calidad
2. Factor de Calidad
3. Medida
4. Medición
5. Métrica



Ramírez Aguirre, P., & Ramírez Arias, C. (2010). Estudio de las prácticas de calidad del software implementadas en las mipymes desarrolladoras de software de Pereira. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. p (15-40). Recuperado de: http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1977/1/0053R173e.pdf

Scalone, F. (2006). Estudio comparativo de los modelos y estándares de calidad del software (Maestría Ingeniería en Calidad). p (129-150). Obtenido de Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de: http://posgrado.frba.utn.edu.ar/investigacion/tesis/MIC-2006-Scalone.pdf

# DESARROLLO DE CAPÍTULO III



CONTENIDO
CAPÍTULO III

3



# Estándares para Evaluación de la Calidad del Software



# Estándares para Evaluación de la Calidad del Software

# Estándares para Evaluación de la Calidad del Software

Se tratan los estándares ISO/IEC 9126, ISO 14598 e ISO 25000 para la evaluación de la calidad del software formulados por la Organización Internacional para la Estandarización. Se describen las partes o divisiones de una de las normas haciendo énfasis especialmente en los modelos de calidad que estos proponen.



# 3.1. Estándar ISO/IEC 9126

Para la evaluación de la calidad la ISO ha formulado entre otros los estándares ISO/IEC 9126, ISO/IEC 14598 e ISO/IEC 25000.

El estándar ISO 9126 fue formulado inicialmente en 1991 estableciendo un modelo de calidad y su uso como marco para la evaluación de software. En esta norma se distingue entre calidad interna y calidad externa, y se introduce también el concepto de calidad en uso; esta norma es una de las normas ISO que goza de más reconocimiento dentro de la comunidad y tiene como fundamento modelos de calidad aportados por diversas investigaciones realizadas en los últimos 30 años para la caracterización de la calidad del producto software.

La versión original del estándar ISO/IEC 9126 fue reemplazada en 2001 por dos estándares relacionados: el ISO/IEC 9126 para la calidad del software y el ISO/IEC 14598 para la evaluación de productos software.

El objetivo de esta norma ISO/IEC 9126 es proponer un modelo de calidad que sirva como elemento central en un proceso de evaluación. El modelo de calidad que propone la norma puede aplicarse a cualquier tipo de software incluido el desarrollado para el ámbito educativo.

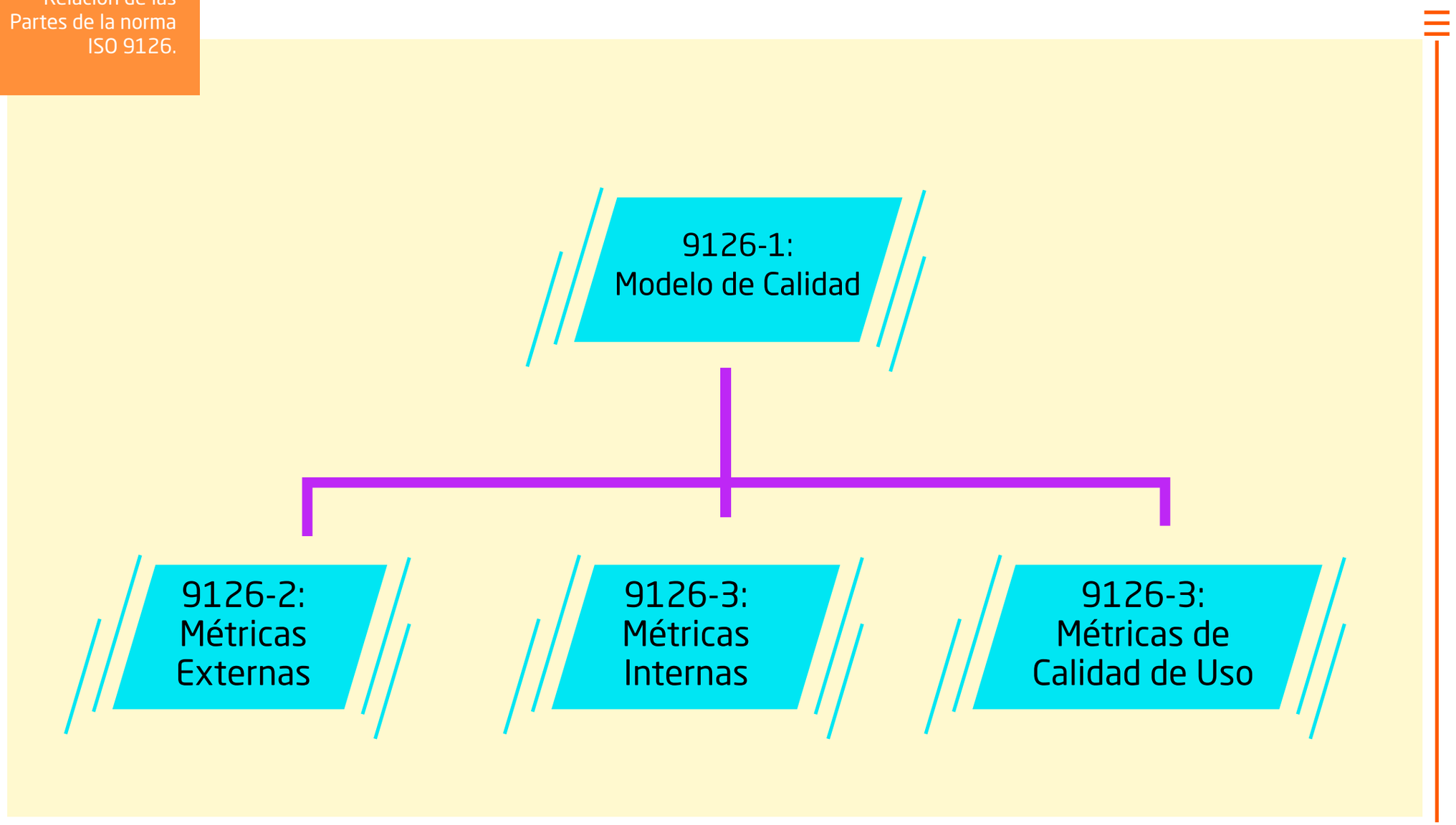


### 3.1.1. Partes de la norma.

La norma ISO 9126 está compuesta por 4 partes que se relacionan como lo muestra la figura 11.



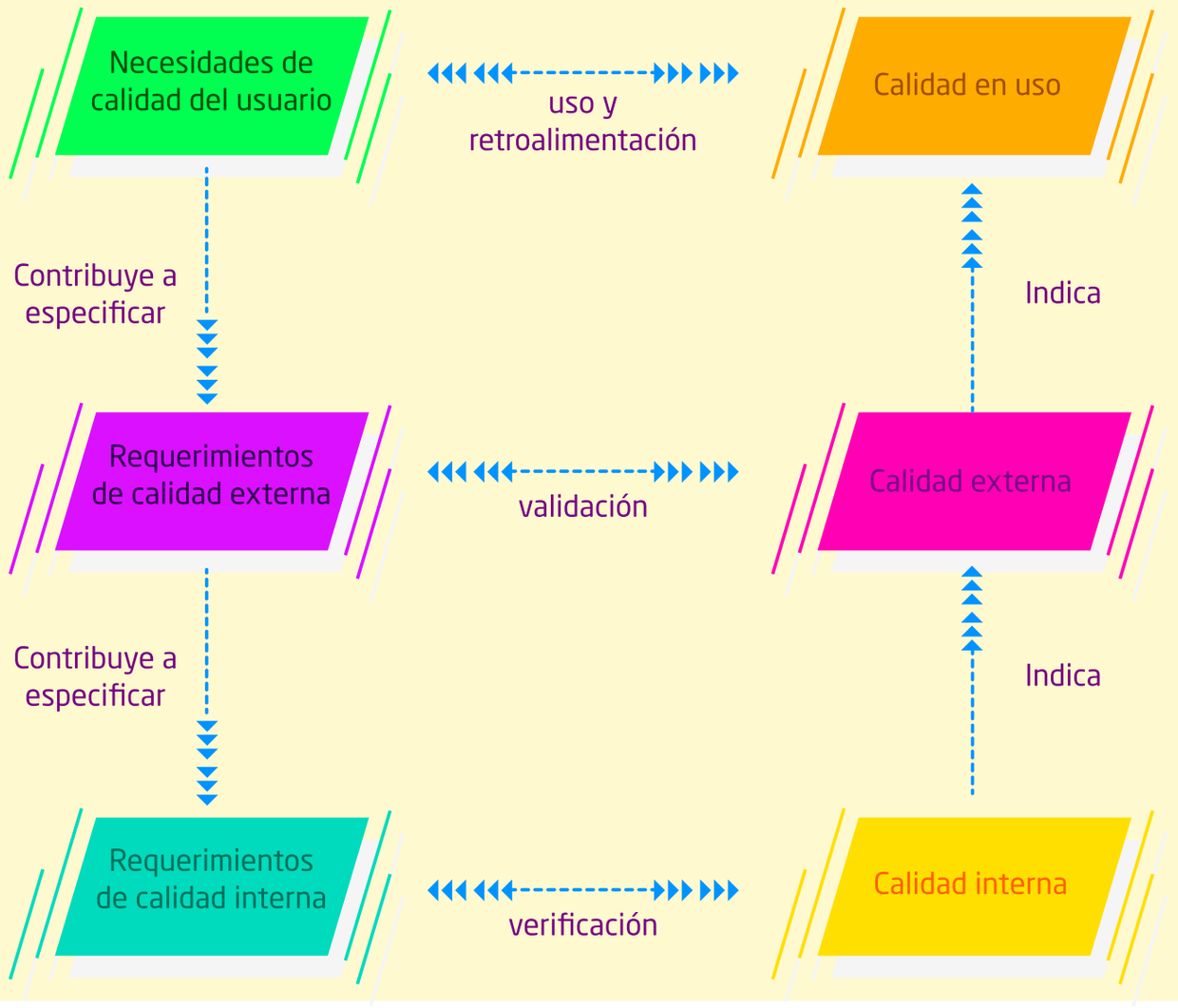
**Figura 11.** Relación de las Partes de la norma ISO 9126.



El modelo de calidad que propone la norma descompone el concepto de calidad en componentes que denomina calidad interna, calidad externa y calidad en uso. La idea con este planteamiento es cubrir las necesidades de los usuarios, desarrolladores y los mismos productos. La figura 12 ilustra la calidad en el ciclo de vida del software y permite explicar que las necesidades de calidad que tenga el usuario para un producto software, deben facilitar la definición de los requerimientos de calidad externa y estos a su vez los requerimientos de calidad interna.



**Figura 12.**
Calidad en el Ciclo de Vida del Software




**Nota Fuente:** ISO/IEC 9126-1 (2001).

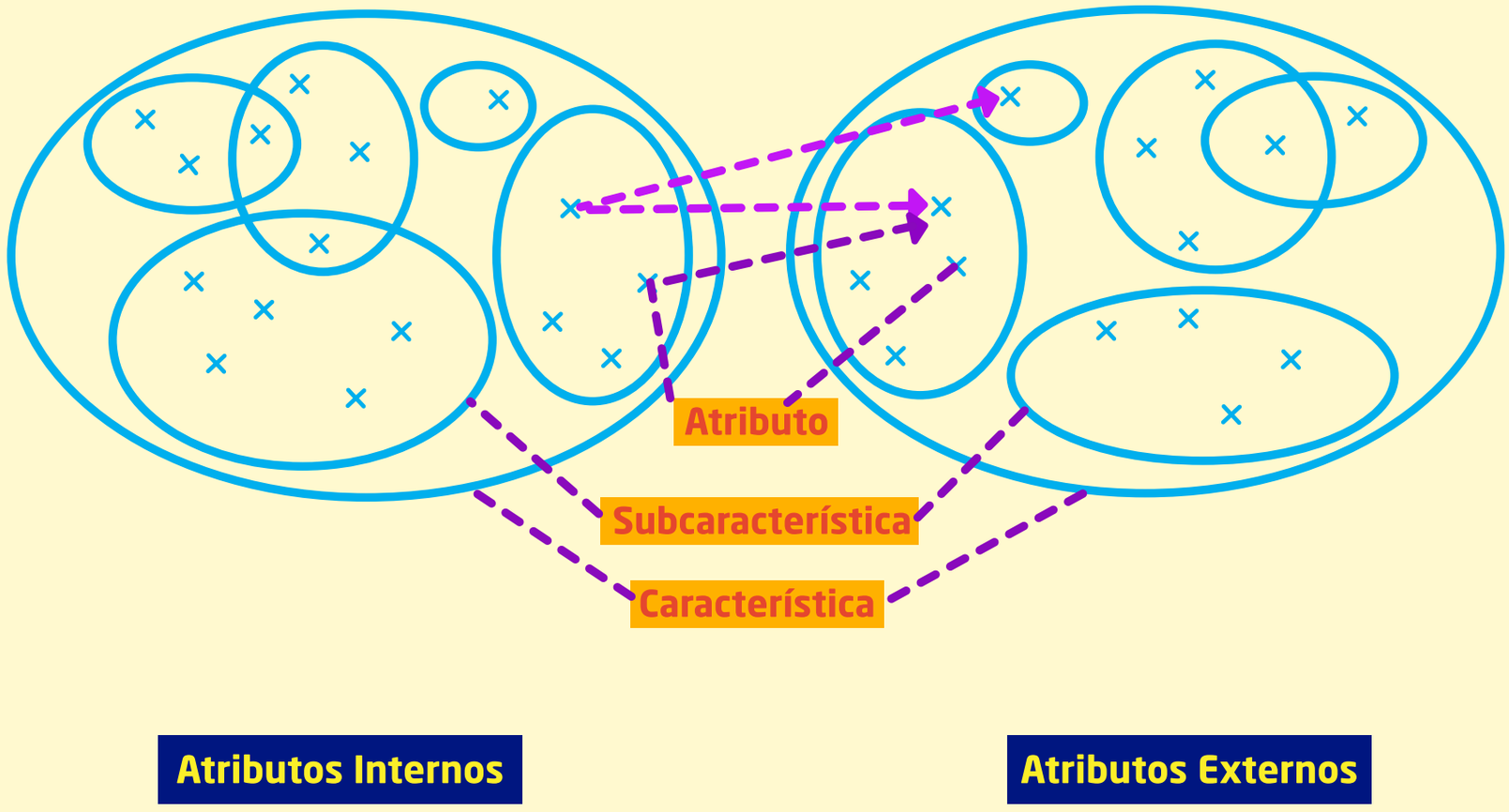


La norma ISO/IEC 9126 está conformada por 4 partes y es bueno resaltar que sólo la primera parte ISO/IEC 9126-1, es un estándar aprobado y publicado, siendo las demás partes informes o reportes técnicos (Technical Report, TR) . A continuación se describen cada una de las partes:

- ISO/IEC 9126-1 "Características de Calidad y Subcaracterísticas",

esta parte plantea los conceptos básicos que conforman la norma, es decir las características, sub características, atributos y métricas, ver figura 13.

**Figura 13.** Características de Calidad, Subcaracterísticas y Atributos.




**Nota Fuente:** Elaborado a partir de ISO/IEC 9126-1 (2001).

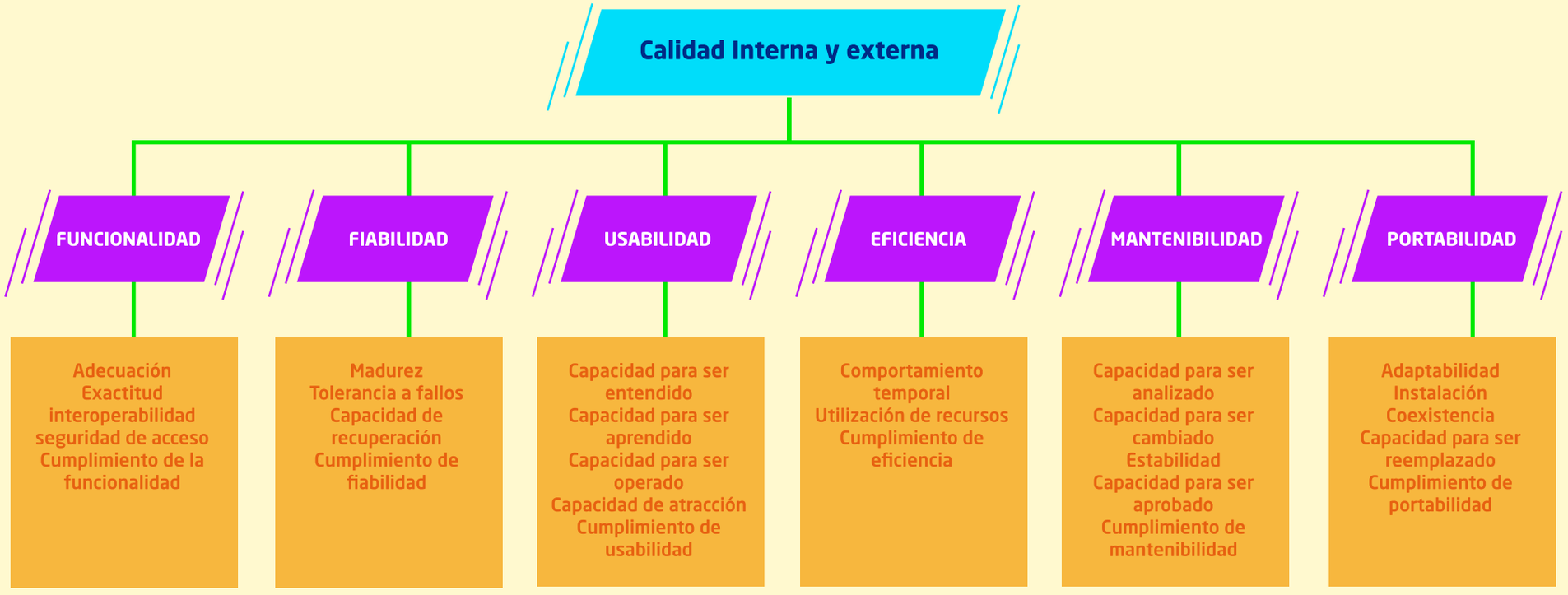
La norma propone una jerarquía donde al nivel más bajo se encuentran los atributos de calidad definidos para productos software, y estos a su vez se clasifican en subcaracterísticas, las cuales hacen parte de alguna de las características definidas; estas características equivalen a los factores de calidad que se mencionaron en el capítulo anterior.

Según ISO/IEC 9126-1 (2001), algunos atributos pueden contribuir a más de una subcaracterística y una característica puede ser influenciada por más de un atributo. Se puede presentar también que los niveles de ciertos atributos internos influyan en los niveles de algunos atributos externos. Por ejemplo, la característica de confiabilidad puede ser medida externamente mediante la observación del número de fallas en un período determinado de tiempo de ejecución durante una prueba del software, e internamente mediante la inspección de las especificaciones detalladas y el código fuente para evaluar el nivel de tolerancia a fallos; se dice que los atributos internos son indicadores de los atributos externos.

La ISO/IEC 9126-1 propone además dos modelos de calidad: *un modelo de calidad para la calidad interna y externa*, que está conformado por seis características principales que a su vez se sub-dividen en subcaracterísticas (ver figura 14); y un *modelo de* calidad en uso, que está conformado por cuatro características que a su vez se sub-dividen en subcaracterísticas (ver figura 15). Cada uno de los elementos (características y subcaracterísticas) que proponen estos modelos se describen más adelante.

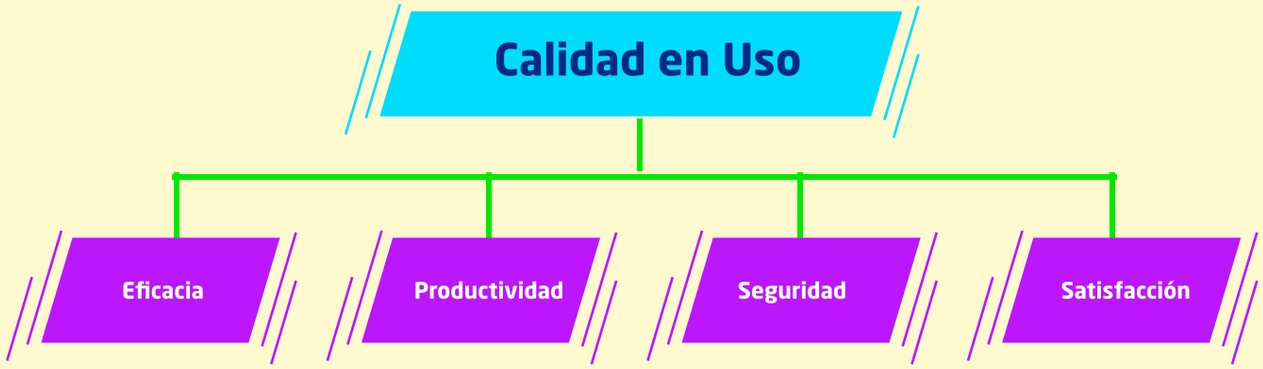


**Figura 14.**
Modelo de Calidad Interna y Externa.




**Nota Fuente:** Adaptado de Naranjo Sánchez (2013).

**Figura 15.**
Modelo de Calidad en Uso.




**Nota Fuente:** Adaptado por el autor teniendo en cuenta ISO/IEC 9126-1 (2001).



- ISO/IEC 9126-2 TR Métricas Externas.

Esta parte propone las métricas externas que se pueden utilizar para la medición de las características de calidad del software, observables en las etapas finales del ciclo de vida del producto software. Las métricas externas que se proponen en esta parte establecen una escala cuantitativa y una forma de medir las características dinámicas del código cuando se ejecuta en una computadora o en el entorno requerido.

## • ISO/IEC 9126-3 TR Métricas Internas.

Esta parte brinda las métricas internas que se pueden utilizar para la medición de las características de la calidad del software que se relacionan con las etapas tempranas del proceso de desarrollo o su ciclo de vida. La calidad interna se puede medir y evaluar a través de atributos estáticos que se pueden consultar de documentos o artefactos generados en el proceso de desarrollo del producto, como por ejemplo: la especificación de requerimientos, la arquitectura o diseño, piezas de código fuente, etc. En esta parte se proponen métricas internas que establecen una escala cuantitativa y una forma de medir dichas características.

## • ISO/IEC 9126-4 TR Métricas de Calidad en Uso.

Esta parte presenta el concepto de calidad en uso proponiendo un modelo de calidad en uso que permite visibilizar la interrelación entre el usuario y el producto desde la óptica de la eficiencia y la satisfacción. En ISO/IEC 9126-1 (2001), se define la calidad de uso como la capacidad que tiene un producto software para facilitar que usuarios específicos alcancen metas específicas con eficacia, productividad, seguridad y satisfacción en un contexto específico de uso.

## 3.1.2 Características y subcaracterísticas del modelo de calidad interna y externa.

A continuación en la Tabla 6 se describe cada una de las características y subcaracterísticas propuestas por la norma ISO 9126 para el modelo de calidad interna y externa.



Tabla 6
Características y Subcaracterísticas Calidad Interna y Externa ISO 9126

| Característica | Subcaracterística | Definición |
|---|---|---|
| **Funcionalidad** | | Capacidad del producto software para proporcionar las funcionalidades que satisfacen las necesidades explicitas e implícitas cuando el software se usa bajo unas ciertas condiciones |
| | Adecuación | Capacidad del producto software para proporcionar un conjunto de funciones apropiado para unas ciertas tareas y objetivos de usuario |
| | Exactitud | Capacidad del producto software para proporcionar los resultados o efectos correctos o acordados, con el grado necesario de precisión |
| | Interoperabilidad | Capacidad del producto software para interactuar con uno o más sistemas |
| | Seguridad | Capacidad del producto software para proteger información y datos de manera que las personas o sistemas no autorizados no puedan leerlos o modificarlos, al tiempo que no se deniega el acceso a las personas o sistemas autorizados |

**Fuente:** ISO/IEC 9126-2 TR (2003).

Tabla 6
Características y Subcaracterísticas Calidad Interna y Externa ISO 9126

| Característica | Subcaracterística | Definición |
|---|---|---|
| **Funcionalidad** | Cumplimiento funcional | Capacidad del producto software para adherirse a normas, convenciones o regulaciones en leyes y prescripciones similares relacionadas con la funcionalidad |
| **Fiabilidad** | Capacidad del producto software para mantener un nivel especificado de prestaciones cuando se usa bajo unas cierta condiciones | |
| | Madurez | Capacidad del producto software para evitar fallar como resultado de fallos en el software |
| | Tolerancia a fallos | Capacidad del software para mantener un nivel especificado de prestaciones en caso de fallos software o de infringir sus interfaces |
| | Capacidad de recuperación | Capacidad del producto software para reestablecer un cierto nivel de prestaciones y de recuperar los datos directamente afectados en caso de fallo |

**Fuente:** ISO/IEC 9126-2 TR (2003).

Tabla 6
Características y Subcaracterísticas Calidad Interna y Externa ISO

| Característica | Subcaracterística | Definición |
|---|---|---|
| **Fiabilidad** | Cumplimiento de la fiabilidad | Capacidad del producto software para adherirse a normas, convenciones o regulaciones relacionadas con la fiabilidad |
| **Usabilidad** | Capacidad del producto software para ser entendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, cuando se usa bajo condiciones especificadas. | |
| | Capacidad para ser entendido | Capacidad del producto software que permite al usuario entender si el software es adecuado y cómo puede ser usado para unas tareas o condiciones de uso particulares |
| | Capacidad para ser aprendido | Capacidad del producto software que permite al usuario aprender sobre su aplicación |
| | Capacidad para ser administrado | Capacidad del producto software que permite al usuario administrarlo y controlarlo |

**Fuente:** ISO/IEC 9126-2 TR (2003).

Tabla 6
Características y Subcaracterísticas Calidad Interna y Externa ISO

| Característica | Subcaracterística | Definición |
|---|---|---|
| **Usabilidad** | Capacidad de ser atractivo | Capacidad del producto software para ser atractivo al usuario |
| | Cumplimiento de la usabilidad | Capacidad del producto software para adherirse a normas, convenciones, guías de estilo o regulaciones relacionadas con la usabilidad |
| **Eficiencia** | Capacidad del producto software para proporcionar prestaciones apropiadas, relativas a la cantidad de recursos usados, bajo condiciones determinadas | |
| | Comportamiento temporal | Capacidad del producto software para proporcionar tiempos de respuesta y de proceso e índices de respuesta al realizar sus funciones bajo unas ciertas condiciones |
| | Utilización de recursos | Capacidad del producto software para usar las cantidades y tipos de recursos adecuados cuando el software lleva a cabo su función bajo condiciones determinadas |

**Fuente:** ISO/IEC 9126-2 TR (2003).

Tabla 6
Características y Subcaracterísticas Calidad Interna y Externa ISO

| Característica | Subcaracterística | Definición |
|---|---|---|
| **Eficiencia** | Cumplimiento de la eficiencia | Capacidad del producto software para adherirse a normas o convenciones relacionadas con la eficiencia |
| **Mantenibilidad** | Capacidad del producto software para ser modificado. Las modificaciones podrían incluir correcciones, mejoras o adaptación del software a cambios en el entorno, y requisitos y especificaciones funcionales | |
| | Capacidad de ser analizado | Capacidad del producto software para serle diagnosticadas deficiencias o causas de los fallos en el software, o para identificar las partes que han de ser modificadas |
| | Capacidad para ser cambiado | Capacidad del producto software que permite que una determinada modificación sea implementada |
| | Estabilidad | Capacidad del producto software para evitar efectos inesperados debido a modificaciones del software |

**Fuente:** ISO/IEC 9126-2 TR (2003).

Tabla 6
Características y Subcaracterísticas Calidad Interna y Externa ISO

| Característica | Subcaracterística | Definición |
|---|---|---|
| **Mantenibilidad** | Capacidad para ser probado | Capacidad del producto software que permite que el software modificado sea validado |
| | Cumplimiento de la mantenibilidad | Capacidad del producto software para adherirse a normas o convenciones relacionadas con la mantenibilidad |
| **Portabilidad** | Capacidad del producto software para ser migrado de un entorno a otro | |
| | Adaptabilidad | Capacidad del producto software para ser adaptado a diferentes entornos, sin aplicar acciones o mecanismos distintos de aquellos proporcionados para este propósito por el propio software |
| | Instalabilidad | Capacidad del producto software para ser instalado en un cierto entorno |

**Fuente:** ISO/IEC 9126-2 TR (2003).

Tabla 6
Características y Subcaracterísticas Calidad Interna y Externa ISO

| Característica | Subcaracterística | Definición |
|---|---|---|
| **Portabilidad** | Coexistencia | Capacidad del producto software para coexistir con otro software independiente, en un entorno común, compartiendo recursos comunes |
| | Capacidad para reemplazar | Capacidad del producto software para ser usado en lugar de otro producto software, para el mismo propósito, en el mismo entorno |
| | Cumplimiento de la portabilidad | Capacidad del producto software para adherirse a normas o convenciones relacionadas con la portabilidad |

**Fuente:** ISO/IEC 9126-2 TR (2003).

## 3.1.3. Características del modelo de calidad en uso.

A continuación en la Tabla 7 se describe cada una de las características propuestas por la norma ISO 9126 para el modelo de calidad en uso.



Tabla 7
Características del Modelo de Calidad en Uso ISO 9126

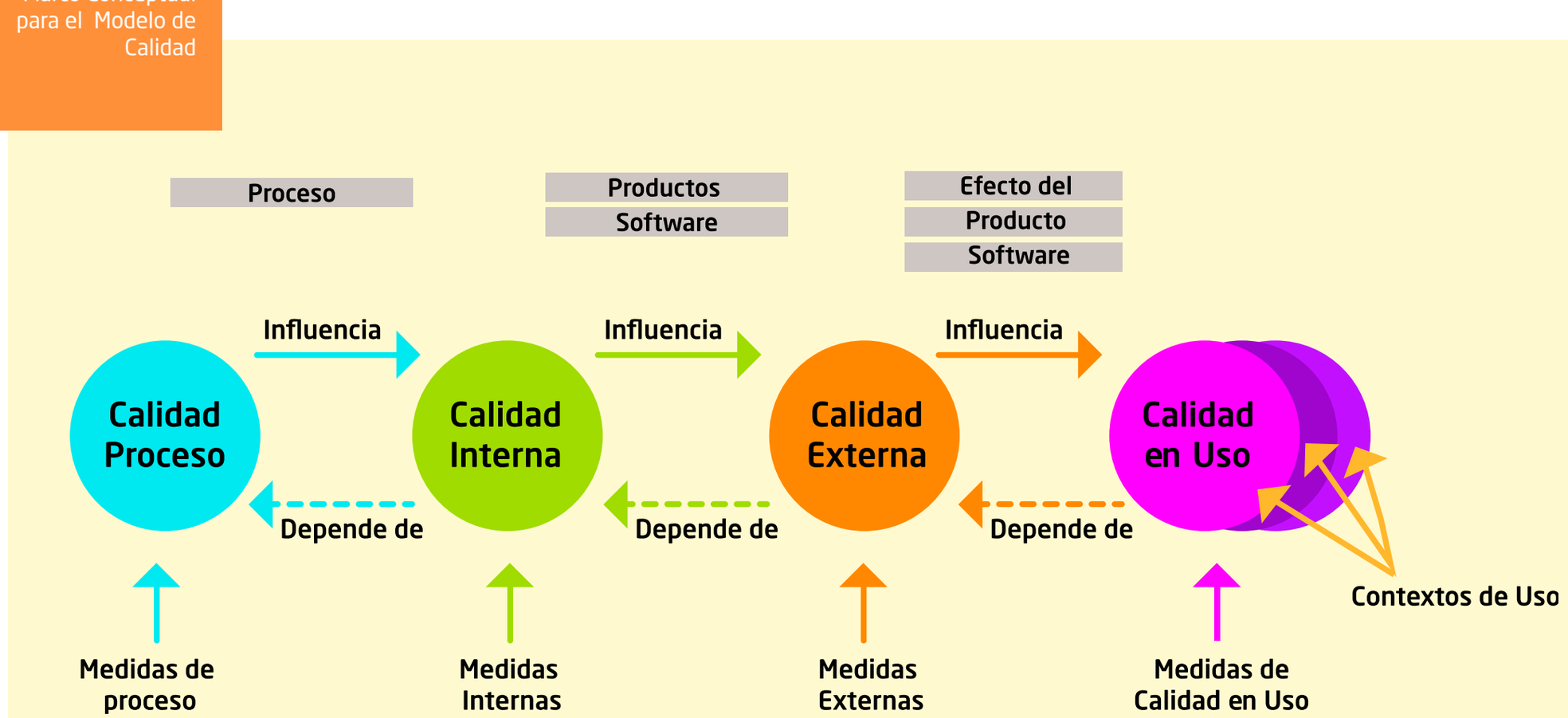
| Característica | Definición |
|---|---|
| **Efectividad** | Capacidad del software de facilitar al usuario alcanzar objetivos con precisión y completitud. |
| **Productividad** | Capacidad del software de permitir a los usuarios gastar la cantidad apropiada de recursos en relación a la efectividad obtenida |
| **Seguridad** | Capacidad del software para cumplir con los niveles de riesgo permitidos tanto para posibles daños físicos como para posibles riesgos de datos. |
| **Satisfacción** | Capacidad del software para cumplir con los niveles de riesgo permitidos tanto para posibles daños físicos como para posibles riesgos de datos. |

**Fuente:** Adaptado de ISO/IEC 9126-4 TR (2004).

En resumen, lo que se busca con la norma ISO 9126 es que al mejorar la calidad del proceso se contribuya a mejorar la calidad del producto, y esto a su vez contribuya a mejorar la calidad en uso, siendo todo esto posible al realizar la evaluación. Ver figura 16.



**Figura 16.**
Marco Conceptual para el Modelo de Calidad




**Nota Fuente:** Adaptado de González (2002).

## 3.2. Estándar ISO/IEC 14598

La norma ISO/IEC 14598 brinda las pautas para realizar el proceso de evaluación teniendo en consideración los posibles actores que se pueden tener como son los desarrolladores, los evaluadores, o compradores.



### 3.2.1. Partes de la norma.

La norma ISO 14598 está compuesta por 5 partes que se describen a continuación:






## • ISO/IEC 14598-1 Visión General.

Esta primera parte de la norma brinda una visión general, indicando la relación existente entre esta norma y el modelo de calidad que se define en la norma ISO/IEC 9126. Igualmente, describe los diferentes términos técnicos generales que son usados y los requisitos que se tienen para realizar la especificación y evaluación de calidad de productos software. Se puede decir. que esta primera parte de la norma ofrece el panorama general para la evaluación de calidad de cualquier tipo de software, indicando los requisitos para los métodos de evaluación y medición que se utilicen.

## • ISO/IEC 14598-2 Gestión y Planificación.

Esta segunda parte ofrece una guía a nivel de administración y planificación de la evaluación, indicando requisitos y recomendaciones que pueden ser tenidos en cuenta por las personas responsables de administrar el uso de la tecnología de evaluación o las que dan soporte técnico a la evaluación del software (también involucra al personal de aseguramiento de calidad del software).

## • ISO/IEC 14598-3 Proceso para los desarrolladores.

En esta parte se trata la implementación a nivel práctico de la evaluación cuando esta se lleva a cabo en forma paralela con el desarrollo del software, indicando los requerimientos y recomendaciones que deben ser tenidos en cuenta. La idea es que la evaluación este sincronizada con el proceso de desarrollo. Esta parte puede ser usada por los administradores de proyectos (para definir los requerimientos de calidad o para realizar monitoreo y control de la calidad del software durante el desarrollo), y puede ser útil también al personal de aseguramiento de calidad del software.

- ISO/IEC 14598-4 Proceso para los compradores.

Esta parte contiene los requerimientos y recomendaciones para realizar la evaluación de la calidad del software durante la compra o adquisición de este tipo de productos. Las indicaciones que se proveen en esta parte de la norma resultan sumamente útiles para las empresas o usuarios finales al momento de adquirir un software.

- ISO/IEC 14598-5 Proceso para los evaluadores.

En esta parte provee requerimientos y recomendaciones para la implementación práctica de evaluaciones de productos de software cuando varias partes necesitan comprender, aceptar y confiar en los resultados de dichas evaluaciones.

## 3.2.2. Descripción de la norma ISO/IEC 14598.

Esta norma define una serie de etapas que se deben realizar en el proceso de evaluación de software. Para cada una de las etapas se indican las actividades que se debe realizar, todo con el fin de que el proceso de evaluación se realice de forma adecuada.

Esta norma constituye una guía que brinda los fundamentos para llevar a cabo la evaluación, la cual va a depender del objetivo de que se establezca. Por ejemplo medir la calidad del producto durante su desarrollo, antes de su adquisición, o en una comparación con otros productos similares o simplemente su funcionamiento.

En ISO/IEC 14598-1 (1999), se define que el proceso de evaluación debe tener como características fundamentales: la repetición, es decir que al repetir la evaluación de un producto con la mismas especificaciones y el mismo evaluador se deben ocasionar resultados idénticos; la reproducción, igual a la anterior pero esta vez la evaluación la realiza un evaluador diferente y se producen resultados similares; la imparcialidad, que indica que no se debe dirigir la evaluación hacia un resultado particular; y la objetividad, que implica que los resultados de la evaluación sean reales y no se vean afectados por los sentimientos u opiniones del evaluador.

La norma indica cinco etapas para el proceso de evaluación, estas se describen en la Tabla 8.

Tabla 8
Etapas del Proceso de Evaluación Norma ISO 14598

| Etapa | Descripción |
|---|---|
| **Establecer los requerimientos de evaluación** | Se debe establecer primero el propósito de la evaluación identificando el tipo de producto que será evaluado, además de especificar el Modelo de Calidad con sus respectivas características. |
| **Especificación de la evaluación** | Conociendo el producto a evaluar y los requerimientos suministrados por el solicitante, se seleccionan métricas que se relacionen con las características del modelo de calidad. Después se establece la escala de medición que será aplicada para medir las métricas y los criterios de evaluación. |
| **Diseño de la evaluación** | Se diseña un plan de acción teniendo en cuenta todo lo anterior, describiendo los procedimientos de medición de la calidad y definiendo los recursos necesarios (humanos, materiales, etc.). |
| **Ejecución del plan de evaluación** | Radica en la realización de las mediciones establecidas en el plan, se debe llevar un registro detallado de todas las acciones ejecutadas con sus resultados para incluirlas en el reporte final de la evaluación. |
| **Conclusión de la evaluación** | Por último el evaluador realiza y entrega el reporte de la evaluación del producto |

**Fuente:** Adaptado de García (2003).



Las diferentes actividades para cada una de las etapas propuestas para el proceso de evaluación se muestran en la Figura 17. En resumen, el proceso para evaluar la calidad del software primero debe establecer los requerimientos de calidad, para después especificar, diseñar y efectuar la evaluación.

**Figura 17.** Actividades del Proceso de Evaluación Norma ISO 14598

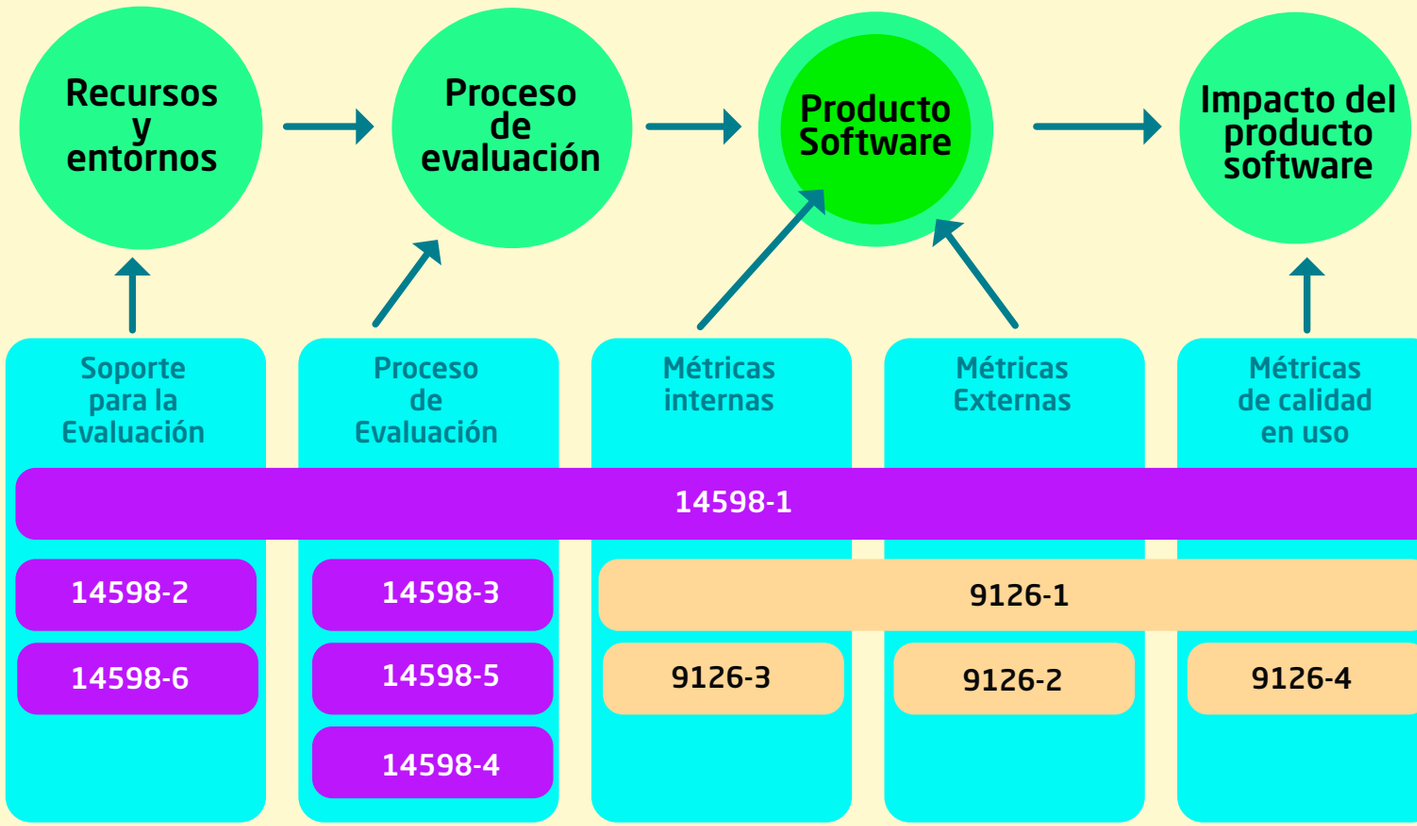



**Nota Fuente:** Fuente: Adpatado de García (2003).

Cada una de estas actividades serán descritas en el capítulo 4 cuando se presente a manera de ejemplo, un caso de evaluación de un producto de software para el ámbito educativo. El proceso de evaluación en dicho ejemplo se basa en las normas ISO/IEC 14598 e ISO/IEC 9126, las cuales en su última versión se encuentran relacionadas como se muestra en la figura 18.



**Figura 18.**
Relación entre los Estándares 9126 y 14598 de ISO/IEC




**Nota Fuente:** Adaptado de Piattini, Moraga, & Calero (2010)

## 3.3. Estándar ISO/IEC 25000

El estándar más reciente el ISO/IEC 25000 que fue desarrollado en el seno del proyecto SQUARE (*Software Quality Requirements and Evaluation*) tiene como objetivo fundamental guiar el desarrollo de los productos de software con la especificación y evaluación de requisitos de calidad. Se podría decir que las normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598 pertenecen a la primera generación de estándares de calidad de productos software, y que la ISO 25000 conforma la segunda generación de estos estándares, los cuales fueron formulados para cubrir algunas necesidades detectadas.

**SQUARE** es básicamente una revisión de la norma ISO 9126-1 que hereda sus características, pero se centra más del lado del producto software contemplando tres fases principales en su ciclo de vida: producto bajo desarrollo, producto en operación y producto en uso.

El modelo de calidad **SQUARE** categoriza también la calidad del software en características, las cuales están subdivididas en subcaracterísticas y atributos de calidad. La diferencia entre **SQUARE** e ISO 9126 se encuentra básicamente en algunos cambios realizados en las características y subcaracterísticas de los modelos de calidad interna/ externa y de calidad de uso.

La norma ISO 9126, gracias a la gran aceptación que ha tenido, se sigue utilizando actualmente, pero será remplazada lentamente en un futuro por la norma **SQUARE**. Por ejemplo, en España AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) apenas empieza a conceder los primeros certificados de calidad para productos Software que cumplen con la especificación ISO/IEC 25000; las empresas Enxenio, Sicaman y Bitware obtuvieron el pasado 25 de septiembre de 2013 esta certificación para sus productos. AENOR (2013).

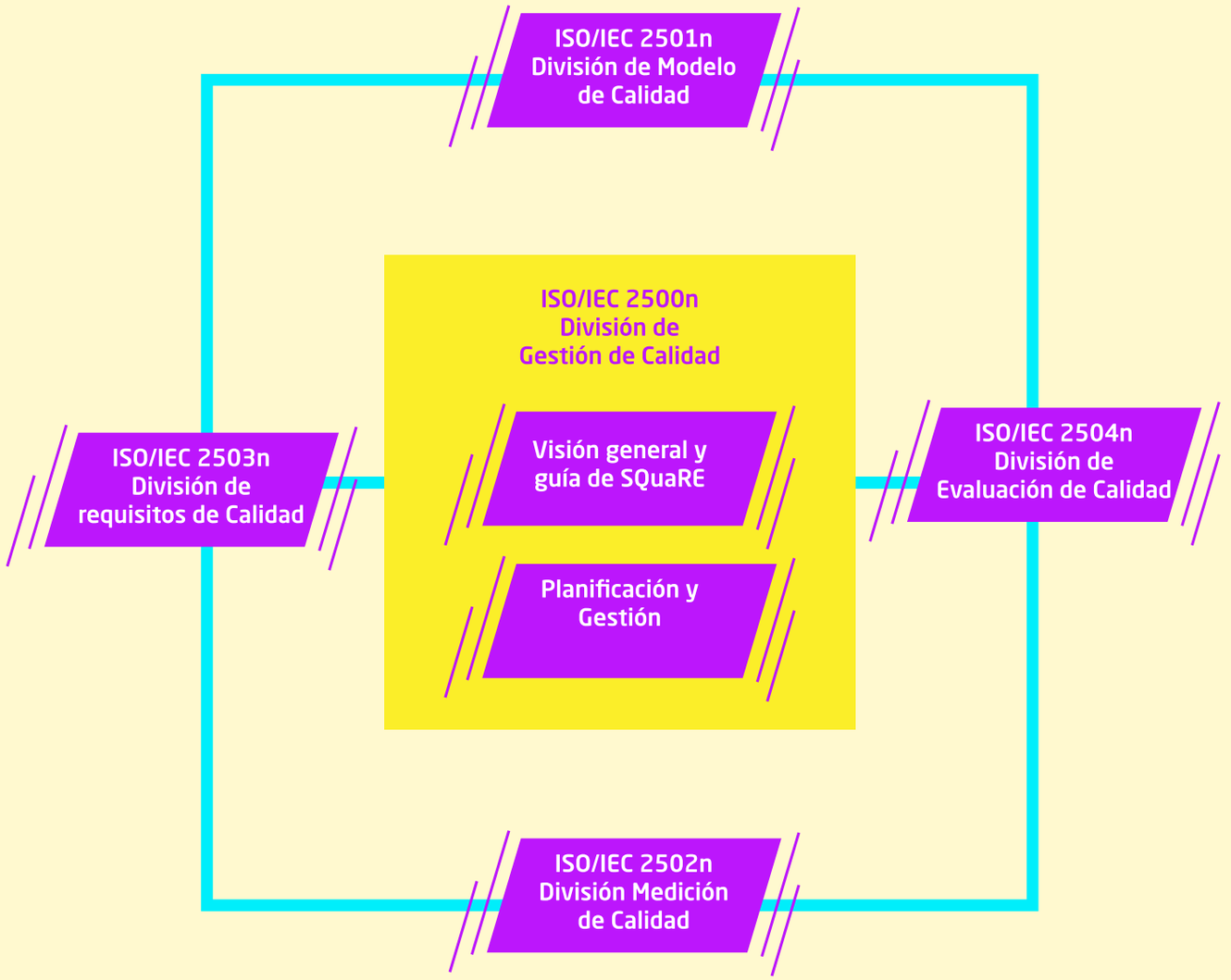


### 3.3.1. Divisiones de la norma.

La norma ISO 25000 está compuesta por 5 divisiones como se muestra en la figura 19.



**Figura 19.**
Divisiones de la norma ISO/IEC 25000




**Nota Fuente:** Adaptado de Zubrow (2004).




Cubrir las cinco divisiones excede el alcance y objetivos del curso por lo cual solo se presentara la ISO 2501n que trata los modelos de calidad estableciendo las características y subcaracterísticas de calidad frente a las cuales evaluar el producto software. Actualmente esta división se encuentra formada por: la norma ISO/IEC 25010 (Modelos de Calidad del Software), que describe el modelo de calidad para el producto software y para la calidad en uso; y la norma ISO/IEC 25012 (Modelo de calidad de los datos), que define un modelo general para la calidad de los datos, aplicable a aquellos datos que se encuentran almacenados de manera estructurada y forman parte de un sistema de información.

## 3.3.2. Modelos de calidad de la norma ISO 25000.

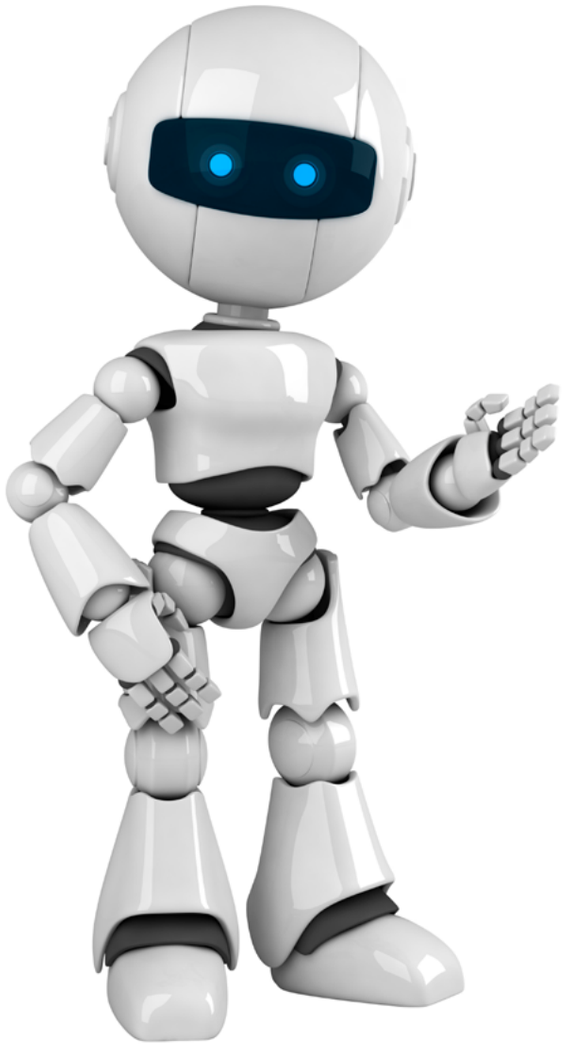
La norma ISO/IEC 25010 actualiza y presenta algunas modificaciones al modelo de calidad que ya se presentó para la norma ISO9126-1. En la figura 20 se presenta el nuevo modelo de calidad del producto resaltando las dos nuevas características incorporadas.



**Figura 20.**
Modelo de Calidad del Producto Norma ISO/IEC 25010




**Nota Fuente:** Adaptado de ISO/IEC 25010 (2011).



Este nuevo modelo de calidad del producto que se compone de ocho características que cubren las propiedades estáticas y dinámicas del software. Una de las nuevas características, la compatibilidad, hace referencia a la posibilidad de intercambio de información entre sistemas o componentes. La otra característica, seguridad, es incorporada para indicar el grado de disponibilidad y protección de la información o datos frente a accesos no autorizados.

**Figura 21.**
Modelo de Calidad de Uso Norma ISO/ IEC 25010




**Nota Fuente:** Adaptado por ISO/IEC 25010 (2011).



El modelo en uso Figura 21 se compone de 5 características una más que el modelo de la norma ISO 9126. La nueva característica denominada contexto de uso, indica el grado de uso con efectividad, eficiencia, seguridad y con satisfacción en el contexto especificado.



1. Calidad Interna
2. Calidad Externa
3. Calidad en Uso
4. Características
5. Subcaracterísticas
6. Proceso de Evaluación



Suryn, W., & Abran, A. (2003). ISO/IEC SQUARE. The second generation of standards. IASTED, 1–11. Recuperado de: http://profs.etsmtl.ca/wsuryn/research/SQE-Publ/SQuaRE-second%20generation%20of%20standards%20for%20SW%20Quality%20(IASTED03).pdf

ISO/IEC. (2000). International Stadard 9126 Part 1-Quality model. ISO. p (1–25). Recuperado de: http://www.cse.unsw.edu.au/~cs3710/PMmaterials/Resources/9126-1%20Standard.pdf







# DESARROLLO DE CAPÍTULO IV

CONTENIDO
CAPÍTULO IV

4




# Evaluación de la Calidad del Software Educativo



Evaluación de la calidad del sftware educativo

# 4 Evaluación de la Calidad del Software Educativo

Se presenta una metodología para la evaluación de la calidad de la tecnología, que puede ser utilizada como punto de partida para adelantar procesos de evaluación de software educativo. De igual forma se presenta a manera de ejemplo, la evaluación de la calidad del sistema de gestión de aprendizaje Moodle, para lo cual se sigue la metodología propuesta que está basada en las normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598.

# 4.1. Metodología Generalizada de Evaluación

A lo largo del curso se ha indicado que para la evaluación de la calidad del software los organismos de estandarización han formulado algunos estándares, de los cuáles los más relevantes son las normas ISO/IEC 9126, ISO/IEC 14598 e ISO/IEC 25000. Cabe resaltar, que ninguno de estos está formulado específicamente para evaluar software desarrollado para el ámbito educativo, pero esto no significa que no puedan utilizarse con éxito para este propósito.

En los últimos años se han formulado algunas propuestas desde los círculos académicos e investigativos que tratan el tema de la evaluación de la calidad del software educativo, pero al momento no se ha demostrado la relevancia de ninguna de ellas como para tomarlas como referencia única en un proceso de evaluación.





El software desarrollado para el ámbito educativo involucra, o debe involucrar, elementos propios del dominio de la enseñanza y la educación, pero al detallar los modelos de calidad que hacen parte de los estándares ISO se observa que estos pueden no contemplar características/subcaracterísticas que cubran la evaluación de dichos elementos. La solución al problema anterior es simple y consiste en modificar los modelos de calidad agregando subcaracterísticas que permitan cubrir y evaluar los aspectos o elementos propios del ámbito educativo que sean de interés.

Lo importante es tener presente que cualquier metodología o propuesta que se tome como referencia para adelantar un proceso de evaluación de la calidad, es solo un buen punto de partida para llevar a cabo dicho proceso, y nada impide que el evaluador o su equipo la adapten o modifiquen de acuerdo a su experiencia, conocimientos, recursos disponibles, etc.

A continuación se presenta una metodología de evaluación de software educativo que llamaremos metodología generalizada de evaluación, que puede ser utilizada como referencia para adelantar procesos de evaluación de la calidad cualquier tipo de software. Esta metodología se basa en los estándares internacionales ISO/IEC 14598, ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 25000 y fue presentada por Bertha Alice Naranjo Sánchez en el XIV Encuentro Internacional Virtual Educa Colombia 2013 celebrado en la ciudad de Medellín. Virtual Educa(2013).

## 4.1.1. Partes de la metodología

Según Sánchez esta metodología puede ser considerada como un aporte a las metodologías de evaluación generalizada, Naranjo Sánchez (2013). La metodologia propone las siguientes etapas o partes para el proceso de evaluación: (1) Establecimiento de la evaluación, (2) Planificación de la evaluación, (3) Establecer el Modelo de Calidad, (4) Determinar la puntuación/ calificación de los elementos que componen el modelo, (5) Efectuar medición, (6) Establecer resultados, y (7) Presentar Informe.

Como se observa las etapas propuestas por la metodología son muy similares a las que establece el estándar ISO/ IEC 14598. A continuación se describe con más detalle cada una de ellas.





## 4.1.1.1 Establecimiento de la evaluación.

Una vez se decide adelantar el proceso de evaluación se debe determinar el enfoque de la medición. Para lo cual según Naranjo Sánchez (2013) se debe:

- Determinar objetivo de la evaluación:

este punto radica en concretar con el cliente el objetivo principal que se busca con la evaluación. Por lo general, en las instituciones educativas al adelantar la adquisición o compra de algún producto de software educativo, se desea comparar diferentes productos similares buscando determinar cuál de ellos cumple con los requerimientos de calidad que satisfacen las necesidades de la institución y/o sus usuarios.
Otros objetivos o propósitos para la evaluación de la calidad de un producto pueden ser: decidir sobre la aceptación de un determinado producto, decidir cuando lanzar a la venta un producto, decidir cuándo reemplazar un producto, etc.

- Establecer tipo de la evaluación:

este punto es simple y consiste en identificar e indicar el tipo de evaluación a realizar, la cual se puede centrar básicamente en el producto final o su proceso de desarrollo.



- Identificar el tipo de producto:

cuando la evaluación se trata de un producto se debe identificar si dicho producto es comercial, desarrollado a medida para la institución educativa, software libre (gratuito), software alquilado, comprado/por comprar, etc.



## 4.1.1.2 Planificación de la evaluación.

Una vez se conoce lo que se busca con la evaluación, se pasa a abordar la etapa de planificación y organización del trabajo a realizar. Como actividades importantes a definir se tienen según Naranjo Sánchez (2013):

- Elaborar cronograma de la evaluación.

En un cronograma tentativo se deben definir todas las actividades que se realizaran durante todo el proceso de evaluación de la calidad.

- Identificar responsables.

En este punto se debe identificar las personas que intervendrán en el proyecto. La identificación de todo el recurso humano requerido depende del tipo particular de software educativo a evaluar, por ejemplo se puede requerir la participación de docentes, estudiantes, técnicos o ingenieros, pedagogos, etc.

- Determinar roles.

Identificados los integrantes que participarán en el proceso de evaluación, se determinan y asignan las actividades y/o tareas que van a desarrollar cada uno de ellos.

- Elaborar contrato o acuerdo.

Lo último a realizar en la etapa de planificación de la evaluación, es elaborar un contrato que contenga las diferentes especificaciones que se desean para las mediciones y como estas serán documentadas.



## 4.1.1.3 Establecer el modelo de calidad.

Se plantean los siguientes 4 niveles para describir el modelo de calidad en esta propuesta de evaluación:

- Nivel 0, tipo de calidad
- Nivel 1, características
- Nivel 2, subcaracterísticas
- Nivel 3, métricas
- Nivel 4, indicadores.

En Naranjo Sánchez (2013) se describe cada uno de estos niveles.

## • Nivel 0: Tipo de calidad (métricas de producto y métricas proceso).

En Naranjo Sánchez (2013), se indica que el modelo de calidad propuesto para la evaluación visto desde una perspectiva global está centrado en métricas de proceso y métricas de producto. Las métricas de producto son basadas en normas reconocidas ISO 9126, IEEE 14143, ISO 20.000 que contienen métricas internas, externas y de calidad en uso. Las métricas de proceso tratan los aspectos comunes de los siguientes estándares COBIT, ISO 17799, ISO 27001, CMMI, ISO 15504, IEEE 1044, ITIL, ISO 20000, entre otros.

## • Nivel 1: Características.

El modelo de calidad propuesto como punto de partida corresponde al que plantea la norma ISO/IEC 9126 presentado en el capítulo 3. La idea con el modelo es que el grupo de trabajo seleccione las características y subcaracterísticas que considere relevantes para la evaluación del software educativo, pudiendo modificar el modelo de calidad adicionando nuevas características, subcaracterísticas, y métricas de acuerdo a las particularidades del proyecto.

## • Nivel 2: Subcaracterísticas.

Las subcaracterísticas corresponden a los atributos del producto. Para definir las subcaracterísticas: primero, se deben enumerar todos los atributos que se considera debe reunir el software ideal; segundo, se procede a validar las subcaracterísticas propuestas con el cliente; tercero, si el cliente da su visto bueno se incluyen en el modelo de calidad de software en el nivel de subcaracterísticas.

## • Nivel 3: Métricas.

Las métricas corresponden a las formulas y medidas que se usaran para determinar el grado de cumplimiento de cada una de las subcaracterísticas.





- Nivel 4: Indicadores.

Al aplicar las fórmulas definidas para cada subcaracterística se calcula el valor resultante que puede ser un número, un porcentaje, un numerador y un denominador, en fin la medida en la cual las subcaracterísticas se cumplen.

## 4.1.1.4

### Determinar la puntuación/ calificación de los elementos que componen el modelo.

En esta etapa se debe establecer la puntuación que se manejara para los elementos de los diferentes niveles. En Naranjo Sánchez (2013) se indican los siguientes valores a manejar en los diferentes niveles.



## • Nivel 0: Tipos de calidad.

El puntaje máximo que se puede tener en la evaluación es de 100, y el equipo de evaluación debe distribuirlo de acuerdo al enfoque de la medición. Para el nivel 0 se debe indicar cuanto se asigna a las métricas de producto, y cuanto se asigna a las métricas de proceso.



Por ejemplo, se podría decidir asignar 80 puntos a métricas de producto (60 puntos para métricas de calidad interna-externa y 20 puntos para las métricas de calidad de uso), y 20 puntos para las métricas de proceso (para cubrir aspectos de la administración del sistema.

La asignación de puntaje a métricas del proceso se realiza solo si la evaluación del software educativo se adelanta para la empresa (o institución educativa) que está desarrollando el software. Se puede dar el caso que no se tengan en cuenta métricas del proceso, sobre todo con los productos que se encuentran en la etapa de operación (ya en el mercado) donde es difícil disponer de la información y artefactos manejados en la etapa de desarrollo del software, en estos casos todo el puntaje de la evaluación (100 puntos) se debe distribuir únicamente en las métricas de producto.

## • Nivel 1: Características.

A este nivel le corresponde realizar la distribución de los puntajes definidos en el nivel anterior para métricas, producto y proceso. La distribución la sugiere el equipo de evaluación, sobre las características que sean seleccionadas para el modelo de calidad, y se presentan al cliente para su aprobación.

En las Tablas 9 y 10 se indica a manera de ejemplo una posible distribución que se presenta en Naranjo Sánchez (2013), donde solo se tienen en cuenta algunas de las características disponibles para producto y proceso. Observe que se respeta el puntaje total indicado en el nivel 0 para métricas de producto y proceso.



Tabla 9
Ejemplo de Puntaje Asignado a las Características del Producto

| Características por Producto | Puntaje |
|---|---|
| Funcionalidad | 20 |
| Usabilidad | 12 |
| Fiablidad | 9 |
| Eficiencia | 8 |
| Satisfacción | 8 |
| Capacidad de mantenimiento | 6 |
| Productividad | 6 |
| Portabilidad | 5 |
| Efectividad | 3 |
| Seguridad de uso | 3 |
| total | 80 |

**Fuente:** Adaptado de Naranjo Sánchez (2013)

Tabla 10
Ejemplo de Puntaje Asignado a las Características del Proceso

| Características del Proceso | Puntaje |
|---|---|
| Planificación de sistemas | 5 |
| Organización | 5 |
| Controles generales | 4 |
| Metodología de desarrollo de sistemas | 2 |
| Entrega e implementación de sistemas | 2 |
| Administración de la documentación | 2 |
| total | 20 |

**Fuente:** Adaptado de Naranjo Sánchez (2013)

## • Nivel 2: Subcaracterísticas.

En este nivel el equipo de evaluación debe asignar los puntajes para valorar las subcaracterísticas tanto del producto como del proceso, respetando los valores acordados con el cliente en el nivel 1.

Para verificar el cumplimiento de cada subcaracterística se utilizan instrumentos como entrevistas y encuestas, u otros mecanismos como las pruebas técnicas (pruebas de caja negra, caja blanca, etc), administrativas y/o de cuestionario de relevamiento técnico.

A los resultados de la aplicación los diferentes instrumentos y pruebas se les asignan un peso en la evaluación de acuerdo a los criterios que se definan. A continuación en la Tabla 11 se presenta un ejemplo dado en Naranjo Sánchez (2013), que muestra cómo distribuir los pesos entre los diferentes instrumentos.



Tabla 11
Ejemplo
Distribución Peso Instrumentos Usados en la Evaluación de Software

| Cuestionario a usuarios | | Prueba Administrativa | | Cuestionario de Relevamiento Técnico | | Prueba de caja negra | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | X | 50 | X | 50 | | | 100 |
| X | 30 | X | 20 | | | X | 50 | 100 |
| | | X | 100 | | | | | 100 |
| | | | | X | 100 | | | |
| X | 50 | | | X | 30 | X | 20 | 100 |
| | | | | | | X | 100 | 100 |

**Fuente:** Adaptado de Naranjo Sánchez (2013)

En la tabla anterior cada fila muestra las pruebas e instrumentos a aplicar a una determinada característica y a cada uno se le asigna un porcentaje. La suma de los pesos asignados a las pruebas e instrumentos que se aplique para la subcaracterística debe ser 100. Por ejemplo, en la segunda fila se utiliza cuestionario, una prueba administrativa y una prueba de caja negra, asignando 30, 20, 50 respectivamente, para un puntaje total máximo a obtener de 100 en dicha subcaracterística.

La asignación de los pesos debe ser analizada por el equipo evaluador por lo que pueden varias de un equipo evaluador a otro. En este punto si se tienen subcaracterísticas para aspectos educacionales, se podría asignar incluso mayor pero a estos criterios que a los técnicos.

Si se usan encuestas o entrevistas la forma de calificar las preguntas debe ser con el uso de escalas dicotómicas (si/no) o escalas Likert. El uso de estas escalas permite una mejor valoración de las percepciones de los usuarios. La Tabla 12 presentada en Naranjo Sánchez (2013) muestra un ejemplo de una posible escala Likert que puede ser usada para la valoración de preguntas escritas en forma afirmativa. La Tabla 13 presenta otra escala Likert pero con cuatro categorías.

Tabla 12
Ejemplo de Escala Likert para Valoración de Preguntas Afirmativas

| Escala | Valor |
|---|---|
| Total Acuerdo | 5 |
| Parcial Acuerdo | 4 |
| Medio | 3 |
| Parcial Desacuerdo | 2 |
| Total Desacuerdo | 1 |

**Fuente:** Adaptado de Naranjo Sánchez (2013)

Tabla 13
Ejemplo de Escala
Likert Cuatro Niveles

| Escala | Valor |
|---|---|
| Excelente / Siempre | 3 |
| Bueno / Regular | 2 |
| Regular / Ocasional | 1 |
| Malo / Nunca | 0 |

**Fuente:** Adaptado de García (2003)

## • Nivel 3: Métricas.

En este nivel el equipo de evaluación debe asignar los puntajes máximos de referencia para valorar cada una de las métricas a utilizar. La suma total de los puntajes máximos de todas las métricas deberá ser igual a 100 puntos. Al calificar las métricas se deben usar solo números enteros para la valoración de las características y subcaracterísticas. Naranjo Sánchez (2013).





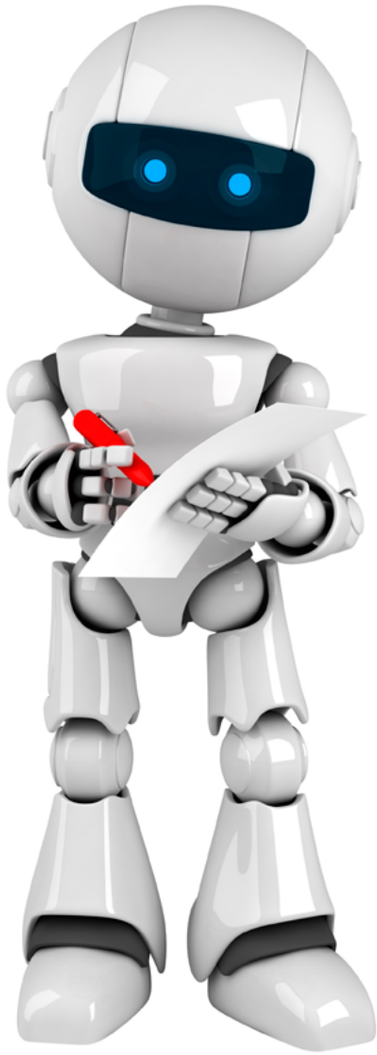
## 4.1.1.5

## Efectuar medición.

Esta parte de la metodología corresponde a la medición de las características, subcaracterísticas, métricas e indicadores aplicando los instrumentos y herramientas definidos en las etapas anteriores. Los valores que se obtengan al realizar las mediciones serán llamados puntajes obtenidos y deben ser representados en función de las escalas establecidas previamente; en el mejor de los casos el puntaje obtenido para una característica, subcaracterística, métricas e indicadores no debe superar el puntaje mayor de referencia fijado previamente. Naranjo Sánchez (2013).

Se debe mencionar que en el dominio de la ingeniería informática se trabajan diversos tipos de pruebas dentro de los cuales se pueden destacar: pruebas de carga máxima, pruebas de almacenamiento, pruebas de tiempo de ejecución, prueba de recuperación, prueba de procedimientos, prueba de factores humanos, pruebas de usabilidad, pruebas de smoke (sistema), pruebas de unidad o unitarias, pruebas de integración, pruebas funcionales, pruebas de configuración e instalación, pruebas de caja negra, pruebas de sentencia, pruebas de rendimiento, pruebas de background, pruebas de estrés, pruebas de recuperación de errores, pruebas de seguridad, pruebas de multiusuario, pruebas de configuración, pruebas de instalación y otras de acuerdo a las necesidades de la evaluación.

En la metodología propuesta por Sánchez se considera como instrumentos básicos para el trabajo de evaluación, los siguientes: pruebas de caja negra, pruebas administrativas, cuestionario de relevamiento técnico, encuestas dirigidas a usuarios y entrevistas de confirmación con el personal técnico.





**4.1.1.6**

## Establecer resultados.

Para establecer los resultados de las mediciones efectuadas Naranjo Sánchez (2013), recomienda utilizar una matriz, como la que se muestra en la Tabla 14 que presente el modelo de calidad junto con los valores medidos.

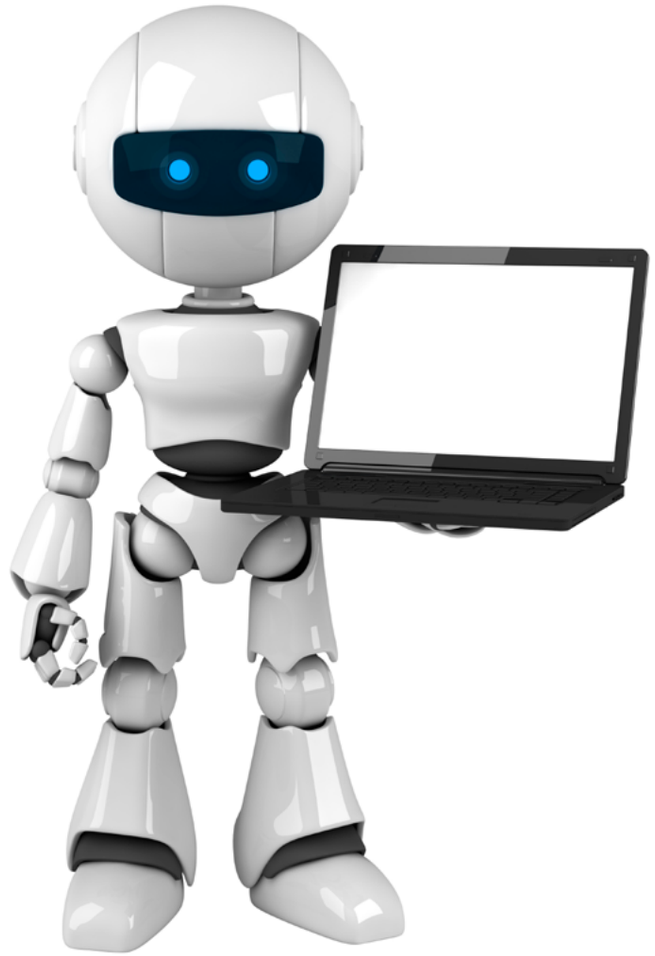
Tabla 14
Matriz del Modelo de Calidad para un Software Educativo

| Tipo de Calidad | Caracte-rística | Sub-característica | Métrica | Indicadores | Puntaje Especificado | Puntaje Obtenido |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

**Fuente:** Adaptado de Naranjo Sánchez (2013)

La matriz de resultados permitirá comparar los puntajes establecidos y obtenidos por el producto software educativo evaluado, facilitando determinar si el producto cumple con las especificaciones formuladas; en el caso de que se requiera comparar varios productos similares al mismo tiempo se puede adicionar una columna de puntaje obtenido para cada uno de los productos.

En último lugar, se recomienda al cliente la adquisición y/o uso del software educativo si el puntaje total, que equivale a la suma de los puntajes individuales de las características, supera 70/100. En el caso de evaluar varios productos de software educativo se recomienda el que obtenga el mayor puntaje.





## 4.1.1.7

## Presentar Informe.

A medida que se avanza en la realización de las diferentes actividades de las etapas del proceso de evaluación se debe ir documentando el trabajo realizado. Esta última etapa abarca la elaboración de un documento final que corresponde al informe de la evaluación, el cual es presentado a la empresa o institución que solicito la evaluación. Naranjo Sánchez (2013).

Es recomendable presentar: un informe ejecutivo, muy corto (1 página) para mostrar el resultado de la evaluación; y el informe analítico, que debe contener toda la documentación relativa a la evaluación que servirá como evidencia del trabajo realizado (formatos de instrumentos y pruebas aplicadas, etc.).

## 4.2. Un Ejemplo de Evaluación



Actualmente se encuentran disponibles diversas soluciones tecnológicas en el ámbito educativo, pero quizá una de las más utilizadas sean los sistemas de gestión de aprendizaje (Learning Management System, LMS). Los LMS presentan diferentes características, pero por lo general son fáciles de usar, presentan una flexibilidad pedagógica y algunos no resultan costosos, además permiten organizar y distribuir cursos a través de la Web, ofreciendo una serie de funcionalidades comunicativas y colaborativas. Downes (2005).

En este apartado se presenta una evaluación realizada a Moodle que es uno de los LMS más utilizados a nivel mundial. La evaluación ha sido diseñada como ejemplo de aplicación de la metodología y estándares presentados en el curso, y el objetivo no es cubrir con ella la totalidad de características del LMS, sino ilustrar la aplicación de los conceptos básicos del curso mediante la valoración de algunas de las características. A continuación se describe el resultado de realizar las actividades propuestas en cada etapa de la metodología generalizada de evaluación de Sánchez.



### 4.2.1. Establecimiento de la evaluación.

- Objetivo de la evaluación

Una institución educativa llamada Fórmate-Fácil está interesada en el LMS Moodle puesto que es uno de los más utilizados para este propósito. El objetivo de la evaluación es determinar si la plataforma LMS Moodle cumple con lo siguiente:



## o Mantenimiento.

Se expresa que se busca que las actividades diarias como crear cursos, reciclarlos, eliminar usuarios, crear ejercicios, deben ser sencillas de realizar y que extender o actualizar el LMS no debe ser una tarea complicada.

## o Compatibilidad

Se desea saber si esta solución es compatible con otras similares que existen para intercambiar contenidos de ser el caso.

## o Usabilidad.

Se indica que es muy importante que la plataforma sea fácil de usar para que posteriormente no sea abandonada o rechazada por los usuarios (las interfaces gráficas deben ser intuitivas, debe ser fácil encontrar los elementos, no se debe requerir una larga fase de capacitación).

## o Modularidad.

Es deseado que el LMS brinde diversas funcionalidades dando la posibilidad de habilitarlas o deshabilitarlas cuando sea requerido.

## o Accesibilidad.

También son importantes los aspectos de accesibilidad, es decir, que el LMS sea accesible para todos los individuos a pesar de sus deficiencias físicas, y que estén disponibles a todos los usuarios los diferentes componentes u extensiones que se puedan requerir.

Para la definición de los elementos anteriores se ha tomado como referencia lo propuesto en Kaap (2003).



- Tipo de la evaluación:

La evaluación a realizar se centra básicamente en el producto final, es decir, se desea evaluar el producto que se ofrece en el mercado, y no interesa evaluar características de su proceso de desarrollo.

- Tipo de producto:

El producto a evaluar se encuentra en la categoría de software libre (gratuito).

## 4.2.2. Planificación de la evaluación.

- Cronograma.

Se omite para este ejemplo.



- Responsables y Roles

## o Empresa cliente.

Institución Fórmate-Fácil.

## o Patrocinador evaluación

Faustino Álvarez vicerrector académico de Fórmate-Fácil, es la persona que realiza el contacto con la empresa evaluadora y expresa la necesidad de evaluación (está encargado de conformar un equipo de trabajo interno formado por personal propio de la empresa Fórmate-Fácil de ser requerido).

## o Equipo de la empresa cliente:

no asignado para este caso.

## o Empresa evaluadora:

Valoramos Tu Producto S.A

- Evaluador jefe:

Martin Moure representante de la empresa evaluadora y líder del equipo de evaluación, es una persona con experiencia en la práctica de las principales normas y estándares sobre evaluación del producto y procesos software. Dirige y planifica el proceso de evaluación.

- Evaluador:

Santiago de Francisco. Lleva a cabo las actividades de evaluación que le asigne el evaluador jefe y va documentando el proceso de evaluación.

- Equipo evaluador:

Lo conforman el evaluador jefe y el evaluador de calidad (se podrían tener más evaluadores de acuerdo a los requisitos del proyecto). Estas personas deben cumplir con los compromisos acordados para la evaluación con el patrocinador de la evaluación.

Para la definición de los responsables y roles anteriores se ha tomado como referencia lo propuesto en Rodríguez et al, (2010), debido a que describe este punto con mas detalle, contrario a lo que indica la norma ISO/IEC 9126-1 que solo considera a un alto nivel de abstracción tres perfiles de usuario: desarrolladores, gerentes y usuarios.

- Elaborar contrato o acuerdo.

Se omite para este ejemplo.

## 4.2.3. Modelo de calidad y puntuación

- Nivel 0, tipo de calidad.

Se utilizarán métricas de producto a las cuales se les asigna el total de calificación, 100 puntos.

- Nivel 1. Características.

El modelo de calidad que se propone se compone solo de 4 características que son seleccionadas para cubrir la evaluación de las necesidades expresadas por el cliente. Las características seleccionadas y la puntuación propuesta para cada una de ellas se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15
Características y Puntaje para Modelo de Evaluación de Calidad del Ejemplo

| Características por Producto | Puntaje |
|---|---|
| Funcionalidad | 30 |
| Usabilidad | 30 |
| Facilidad de mantenimiento | 20 |
| Portabilidad | 20 |
| Total | 100 |

## • Nivel 1. Subcaracterísticas.

En la Tabla 16 se describen las subcaracterísticas seleccionadas de acuerdo a los propósitos de la evaluación. Para la valoración de las subcaracterísticas definidas en el modelo de calidad se utilizará como único instrumento los cuestionarios por lo cual no se da lugar a realizar ninguna distribución de pesos entre instrumentos. Se usara una escala Likert con las siguientes ponderaciones: excelente/siempre/si, 3; bueno/regular, 2; regular/ocasional, 1; malo/nunca/no, 0.



## Nivel 3, métricas.

En la Tabla 16 se indican las métricas seleccionadas para cada una de las subcaracterísticas del modelo de calidad. En este punto se debe resaltar que las diferentes partes de norma ISO/IEC TR 9126-2, ISO/IEC TR 9126-3, ISO/IEC TR 9126-4 indican un conjunto de métricas, pero no son un conjunto exhaustivo y el equipo de evaluación o el cliente pueden proponer otras métricas.

En este ejemplo todas las métricas tienen el mismo peso o importancia, ósea que los puntos definidos en cada característica se reparten por igual entre las métricas que se utilicen en dicha característica. En resumen:

- Para obtener el puntaje de cada característica se deben promediar los valores obtenidos para las métricas. Puntaje-característica: (puntaje-metrica1 + puntaje-metrica2 +...+ puntaje-metrican)/n.
- Para calcular la calidad total se suman los valores ponderados de cada característica. Calidad-total: funcionalidad*0.30 + usabilidad*0.30 + facilidad-mantenimiento*0.20 + portabilidad*0.20.

Tabla 16. Métricas y Subcaracterísticas del Modelo de Calidad del Ejemplo

| Característica | Sub-característica | Nombre Métrica | Descripción | Forma Medir |
|---|---|---|---|---|
| Funcionalidad | Consistencia | Uniformidad de la estructura | ¿Los módulos del software son uniformes en lo que tiene que ver con pantallas, menús, ayudas y mensajes? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| | Integridad | Uniformidad de vocabulario | ¿Existe uniformidad en el vocabulario, simbología utiliza en el software? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| | Adecuación | Potencialidad didáctica | ¿El software cuenta con herramientas para diseño curricular flexible, herramientas de comunicación e interacción, herramientas para el desarrollo del estudiante? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |

Tabla 16. Métricas y Subcaracterísticas del Modelo de Calidad del Ejemplo

| Característica | Sub-característica | Nombre Métrica | Descripción | Forma Medir |
|---|---|---|---|---|
| Funcionalidad | Adecuación | Potencialidad Pedagógica | ¿El software posibilita trabajar tendencias pedagógicas actuales? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| | Conformi-dad | Conformidad normativa | ¿El software trabaja acorde a normas y estándares u otras prescripciones? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| Usabilidad | Aprendizaje | Facilidad aprendizaje | ¿Es fácil aprender a usar el software? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| | Entendimiento | Facilidad comprensión | ¿Es fácil entender la estructura del software y su lógica y su aplicabilidad? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |

Tabla 16. Métricas y Subcaracterísticas del Modelo de Calidad del Ejemplo

| Característica | Sub-característica | Nombre Métrica | Descripción | Forma Medir |
|---|---|---|---|---|
| Usabilidad | Operabilidad | Facilidad de operación | ¿El software es fácil de operar y controlar? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| | Atracción | Atracción | ¿Es atractivo el diseño del software? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| Facilidad de mantenimiento | Capacidad de ser analizado | Facilidad de Diagnóstico | ¿Es fácil diagnosticar las fallas o identificar partes a modificar en el software? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| | Cambiabilidad | Facilidad de modificación | ¿El software es fácil de modificar y adaptar? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |

Tabla 16. Métricas y Subcaracterísticas del Modelo de Calidad del Ejemplo

| Característica | Sub-característica | Nombre Métrica | Descripción | Forma Medir |
|---|---|---|---|---|
| Facilidad de mantenimiento | Estabilidad | Estabilidad | ¿Hay riesgos o efectos inesperados cuando se realizan cambio en el software? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| | Facilidad de prueba | Facilidad validación | ¿Son fáciles de validar las modificaciones realizadas al software? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| Portabilidad | Adaptabilidad | Adaptación | ¿El software es fácil de adaptar a otros entornos con lo provisto? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| | Facilidad de instalación | Facilidad Instalación | ¿El software se instala con facilidad en el ambiente especificado? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |

Tabla 16. Métricas y Subcaracterísticas del Modelo de Calidad del Ejemplo

| Característica | Sub-característica | Nombre Métrica | Descripción | Forma Medir |
|---|---|---|---|---|
| Portabilidad | Remplazabilidad | Remplazabi-lidad | ¿Es fácil de usarlo en lugar de otro software para ese ambiente? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |
| | Coexistencia | Disponible coexistencia | ¿El software comparte sin dificultad recursos con otro dispositivo? | Excelente<br>Bueno<br>Regular<br>Malo |

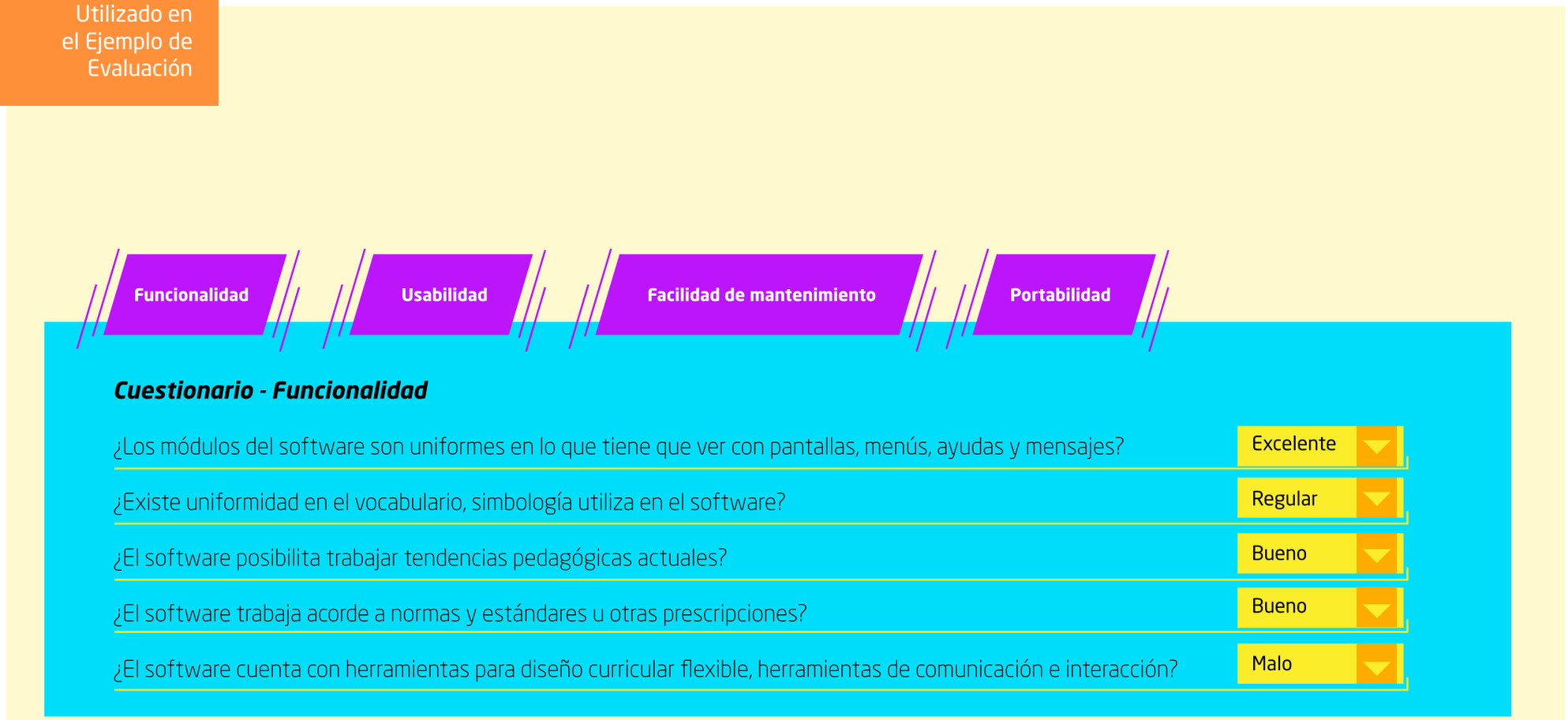
Dentro de la subcaracterística adecuación que pertenece a la característica funcionalidad se han incorporado dos métricas para evaluar aspectos educativos. La métrica potencialidad didáctica valora las diversas herramientas que brinda el sistema para soportar las diferentes actividades de los cursos, y potencialidad pedagógica valora las posibilidades de trabajar tendencias pedagógicas actuales.



## 4.2.4. Efectuar medición.

La medición de las características y subcaracterísticas se realizó utilizando un cuestionario que contiene las preguntas que permiten realizar la valoración de las métricas seleccionadas. La valoración se realiza utilizando la escala Likert indicada anteriormente (3-excelente/siempre/si, 2-bueno/regular, 1-regular/ocasional, 0- malo/nunca/no). En la figura 22 se presenta una parte del cuestionario.

**Figura 22.** Extracto del Cuestionario Utilizado en el Ejemplo de Evaluación



## 4.2.5. Resultados.

Tabla 17. Resultados del Ejemplo de Evaluación

| Tipo de Calidad | Característica | Sub-característica | Métrica | Puntaje Especificado | Puntaje Obtenido |
|---|---|---|---|---|---|
| Producto | Funcionalidad (Puntaje máximo 30 puntos) | Consistencia | Uniformidad de la estructura | Excelente | Excelente |
| | | Integridad | Uniformidad de vocabulario | Bueno | Bueno |
| | | Adecuación | Potencialidad didáctica | Bueno | Bueno |
| | | | Potencialidad Pedagógica | Bueno | Bueno |
| | | Conformidad | Conformidad normativa | Bueno | Bueno |
| | | Subtotal Funcionalidad | | Bueno | Bueno |

Tabla 17. Resultados del Ejemplo de Evaluación

| Tipo de Calidad | Característica | Sub-característica | Métrica | Puntaje Especificado | Puntaje Obtenido |
|---|---|---|---|---|---|
| Producto | Usabilidad (Puntaje máximo 30 puntos) | Aprendizaje | Facilidad aprendizaje | Excelente | Excelente |
| | | Entendimiento | Facilidad comprensión | Bueno | Bueno |
| | | Operabilidad | Facilidad de operación | Excelente | Excelente |
| | | Atracción | Atracción | Bueno | Regular |
| | | Subtotal Usabilidad | | Excelente | Bueno |

Tabla 17. Resultados del Ejemplo de Evaluación

| Tipo de Calidad | Característica | Sub-característica | Métrica | Puntaje Especificado | Puntaje Obtenido |
|---|---|---|---|---|---|
| Producto | Facilidad de mantenimiento (Puntaje máximo 20 puntos) | Capacidad de ser analizado | Facilidad de Diagnóstico | Excelente | Excelente |
| | | Cambiabilidad | Facilidad de modificación | Bueno | Bueno |
| | | Estabilidad | Estabilidad | Bueno | Bueno |
| | | Facilidad de prueba | Facilidad validación | Bueno | Regular |
| | | Subtotal Facilidad de mantenimiento | | Bueno | Bueno |

Tabla 17. Resultados del Ejemplo de Evaluación

| Tipo de Calidad | Característica | Sub-característica | Métrica | Puntaje Especificado | Puntaje Obtenido |
|---|---|---|---|---|---|
| Producto | Portabilidad (Puntaje máximo 20 puntos) | Adaptabilidad | Adaptación | Bueno | Bueno |
| | | Facilidad de instalación | Facilidad Instalación | Bueno | Bueno |
| | | Remplazabilidad | Remplazabi-lidad | Bueno | Regular |
| | | Coexistencia | Disponible co-existencia | Bueno | Bueno |
| | | Subtotal Portabilidad | | Bueno | Bueno |
| | | Total Calidad | | Bueno | Bueno |

De acuerdo a los requerimientos formulados por el cliente se concertaron los puntajes especificados que se desean para cada una de las subcaracterísticas y características. Mediante la valoración de las diferentes métricas definidas se establecen los puntajes obtenidos, con lo cual se puede dar una recomendación al cliente, que para el caso del ejemplo seria que el LSM Moodle cumple con las necesidades expresadas.



### 4.2.6. Informe.

Se omite para este ejemplo.



1. Metodología Evaluación Software Educativo
2. Planificación de la Evaluación
3. Métricas
4. Puntuación
5. Calificación
6. Medición
7. Resultados
8. Informe



ISO/IEC 9126-2 TR. (2003). Software engineering –Product quality – Part 2: External metrics. Recuperado de: http://aulavirtual.eew.cvudes.edu.co/publico/lems/L.000.008.MG/evaluacion/Anexos/Cap4/4.pdf

Díaz, A., Pérez, M., & Mendoza, L. (2003). Instrumento de evaluación de software educativo bajo un enfoque sistémico. Caracas. Recuperado de: http://www.ufrgs.br/niee/eventos/RIBIE/2002/actas/paper-010.pdf

# Componentes Finales del Texto

# Bibliografía

AENOR (2013). Primeros certificados AENOR de calidad del producto software. Recuperado de: http://www.aenor.es/aenor/prensa/notasdeprensa/nota.asp?codigo=6545#.UnGqZ_lLMmF

Alarcón, R. (1999). Certificación: ¿Objetivo o consecuencia? Novátic. 9-11.

Boehm, B. (1976). Software Engineering. IEEE Transactions on Computer, 1226-1241.

Brijendra , S., & Suresh , K. (2013). A Review on Software Quality Models. International Conference Communication on Systems and Network Technologies (CSNT). (801-806). IEEE.

Callaos, N., & Callaos, B. (1996). Designing with Systemic Total Quality. International Conference on Information Systems (págs. 548-560). Orlando: Instituto Internacional de Informática y Sistémica.

Cataldi, Z. (2000). Una Metodología para el Diseño Desarrollo y Evaluación del Software Educativo. La Plata: UNLP.

Chrissis, M., Konrad, M., & Shrum, S. (2007). CMMI: Guidelines for Process Integration and Product Improvement (2 ed.). Addison-Wesley.

# Bibliografía


Cova, A., Arrieta, X., & Duran, J. (2008). Revisión de Modelos para Evaluación de Software Educativo. Revista Electrónica de Estudios Telemáticos, 93-114.

Cristancho, J. (2003). Evaluación de la calidad del software educativo bajo el estándar ISO 9126. Evaluación e Investigación, 43-51.

Dávila, A., Meléndez, K., & Flores, L. (2006). Determinación de los Requerimientos de Calidad del Producto Software Basados en Normas Internacionales. IEEE América latina transacciones, 100-106.

Deming, w. (1986). Out the Crisis. Cambridge University Press.

Díaz, A., Pérez, M., & Mendoza, L. (2003). Instrumento de evaluación de software educativo bajo un enfoque sistémico. Caracas. Recuperado de: http://www.ufrgs.br/niee/eventos/RIBIE/2002/actas/paper-010.pdf

Dominique, S.-L., & Witold, S. (2012). Enhancing ISO/lEC 25021 Quality Measure Elements for wider application within ISO 25000 serIes. IEEE, 3120-3125.

Downes, S. (2005). Feature: e-Learning 2.0. eLearn Magazine ACM. Recuperado de: http://elearnmag.acm.org/featured.cfm?aid=1104968

Fenton, N. (1991). Software Metrics: A Rigorous and Practical Approach. Chapman & Hall.

Fuggetta, A. (2000). Software process: A Roadmap. International Conference on Software Engineering (ICSE) (págs. 25-34). ACM.

García, M. (2003). Modelo de calidad aplicado a software de minería de datos. México df: Centro de investigación en computación, Maestra en ciencias de la computación.

García Romero, C. (2001). El Modelo de Capacidad de Madurez y su Aplicación en Empresas Mexicana de Software. Puebla: Universidad de las Américas Puebla. p (10-18, 68-75). Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/garcia_r_ci/capitulo_2.html#

Gonzáles, Y., & Cuadra, F. (2001). Calidad del Software (I). Anales de Mecánica y Electricidad (5), 54-60.

# Bibliografía

González, M. A. (2002). Evaluando la Calidad de Métodos para el Diseño de Aplicaciones Web. I Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, (págs. 143-156).

González, M. A. (30 de 10 de 2013). Evaluando la Calidad de Métodos para el Diseño de Aplicaciones Web. I Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, (págs. 143-156). Recuperado de http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbqs/2002/011.pdf

Grady, R., & Caswell, D. (1987). Software Metrics:Establishing a Company-Wide Program. Mountain View, California: Prentice Hall.

IEEE 610. (1990). IEEE 610 Standard Glossary of Software Engineering Terminology. IEEE.

ISO 8402. (1994). ISO 8402. Quality management and quality assurance vocabulary.

ISO 9000. (2000). ISO 9000 Sistema de Gestión de Calidad-Conceptos y Vocabulario. ISO.

ISO/IEC. (2000). International Stadard 9126 Part 1-Quality model. ISO. p (1-25). Recuperado de: http://www.cse.unsw.edu.au/~cs3710/PMmaterials/Resources/9126-1%20Standard.pdf

# Bibliografía


ISO/ IEC 9126-3 TR. (2003). Ingeniería de software-- Product quality -- Part 3: Métricas internas. Recuperado de: http://aulavirtual.eew.cvudes.edu.co/publico/lems/L.000.008.MG/evaluacion/Anexos/Cap4/4.pdf

ISO/IEC 9126-2 TR. (2003). Software engineering –Product quality – Part 2: External metrics. Recuperado de: https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.cse.unsw.edu.au%2F~cs3710%2FPMmaterials%2FResources%2F9126-2%2520Standard.doc&ei=s96hUvXjNI23kAfogoDABg&usg=AFQjCNG20d4VIrbf8CaLkmVuygkttXmg-A&bvm=bv.57752919,d.eW0

ISO/IEC 9126-1. (2001). Ingeniería de software -Product quality, Part 1: Modelo de calidad.

ISO/IEC 9126-4 TR. (2004). Ingeniería de software -- Product quality -- Part 4: Indicadores Externos.

ISO/IEC 14598-1. (1999). Tecnología de la información - Software product evaluation -part 1: General overview. Geneva, Switzerland: ISO.

ISO/IEC 25010. (2011). Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQUARE) -- Los modelos de calidad del Sistema y del software. ISO.

ISO 25000. (30 de 10 de 2013). ISO 25000 Calidad del Producto Software. Recuperado de http://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000

Kaap, K. (2003). Five technological considerations when choosing an e-Learning solution. eLearn Magazine. Recuperado de http://elearnmag.acm.org/index.cfm?section=best

Kitchenham, B., & Pfleeger, S. (1996). Software Quality: The Elusive Target. Software IEEE, (págs. 12-21).

López, A., Cabrera, C., & Valencia, L. (2008). Introducción a la Calidad del Software. Scientia et Technica(39), 326-331.

Martínez, F., Prendes, M., Alfageme, M., Amorós, L., Rodríguez, T., & Solano, I. (2002). Assessment Tool educational multimedia. Pixel Magazine. Department of Curriculum and School Organization. Universidad de Murcia.

# Bibliografía


McCall, J., & Cavano, J. (1978). A framework for the Measurement of Software Quality. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, 133-139.

McCall, J., Richards, P., & Walters, G. (1977). Factors in Software Quality (Vols. I, II, III). Roma: Rome Air Development Center.

Méndez, V., & Domínguez, C. M. (2011). Quality in Learning Management Systems. Abstraction & Application, 9-20.

Mollineda , R., & Vos, T. (2003). Calidad y Testeo del Software. Actualidad TIC. Universidad Politécnica de Valencia. p (12-16). Recuperado de: http://aulavirtual.eew.cvudes.edu.co/publico/lems/L.000.008.MG/evaluacion/Anexos/Cap1/3.pdf

Moreno, J., Bolaños, L., & Navia, M. (2010). Exploración de Modelos y Estándares de Calidad para el Producto Software. UIS Revista de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. 9 (1), 39-53.

Moreno, J., Bolaños, L., & Navia, M. (2010). Un acercamiento a las prácticas de calidad del software en las MipyMESPS del suroccidente colombiano. Journal of Lasallian Research. 7 (1), 17-24.

Papert, S. (1994). The children's machine: Nethinking school in the age of the computer. New York: Basic Books

Pardo, C. (2013). Calidad del Producto + Procesos Software. Congreso Internacional en procesos y metodologias de Desarrollo de Software. Cali: Promedesoft.

Piattini, M. (1996). Análisis y Diseño Detallado de Aplicaciones Informáticas de Gestión. Madrid: Ra-Ma.

Piattini, M. e. (2010). Metodología para la evaluación de la calidad en modelos UML. Revista Española de Innovación -Calidad e Ingeniería del software, 2-35.

Piattini, M., García, F., & Caballero, I. (2006). Calidad de Sistemas Informaticos. Ra-Ma.

Pino, F. (2013). Mejorando proceso de desarrollo de organizaciones software mediante un modelo de madurez organizacional basado en norma ISO. Congreso Internacional en procesos y metodologías de Desarrollo de Software. Cali: Promedesoft.

RAE. (2013). Real Academia de la lengua española. Recuperado de http://lema.rae.es/drae/?val=calidad

# Bibliografía


Ramírez Aguirre, P., & Ramírez Arias, C. (2010). Estudio de las prácticas de calidad del software implementadas en las mipymes desarrolladoras de software de Pereira. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. p (15-40). Recuperado de: http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1977/1/0053R173e.pdf

Rey, A. (2012). E-Learning en Entornos Virtuales 3D de Múltiples Usuarios. Santiago de Cali: Poemia.

Rodríguez, M., Verdugo, J., Coloma, R., Genero, M., & Piattini, M. (2010). Metodología para la evaluación de la calidad en los modelos UML. Revista Española de Innovación -Calidad e Ingeniería Software, 2-35.

Rojas, S., & Borja, J. (1999). Calidad del Software: camino hacia una verdadera industria del software. Revista de la Escuela Administración de Negocios, 38, 38-57.

Rubio, D. (2005). Un Proceso Definido Para La Planeación Temprana De Proyectos Software. La Plata, Argentina: Tesis de Maestría en Ingeniería de Software.

Saenz, S., & Paúr, A. (2004). Evaluación del Software Educativo Mediante Variables que Califiquen su Calidad. Trelew: Universidad Nacional de Patagonia.

Sánchez, B. A. (2013). Calidad del software educativo: Metodología de Evaluación de software educativo para determinar el que cumple con las especificaciones basadas en estándares internacionales. XIV Encuentro Internacional Virtual Educa Colombia. Medellín: Virtual Educa. Recuperado de: http://aulavirtual.eew.cvudes.edu.co/publico/lems/L.000.008.MG/evaluacion/Anexos/Cap4/5.pdf

Scalone, F. (2006). Estudio comparativo de los modelos y estándares de calidad del software (Maestría Ingeniería en Calidad). p (129-150). Obtenido de Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de: http://aulavirtual.eew.cvudes.edu.co/publico/lems/L.000.008.MG/evaluacion/Anexos/Cap4/6.pdf

# Bibliografía

Suárez, G. (1992). Three Experts on Quality Management. Arlintong: TQL Office. TG6. (2008). IEEE P802.15 Wireless Personal Area Networks -TG6 Technical Requirements Document (TRD). IEEE.

Suryn, W., & Abran, A. (2003). ISO/IEC SQUARE. The second generation of standards. IASTED, 1-11. Recuperado de: http://profs.etsmtl.ca/wsuryn/research/SQE-Publ/SQuaRE-second%20generation%20of%20standards%20for%20SW%20Quality%20(IASTED03).pdf

Tom , M., & Alan , W. (2008). Un Enfoque de producto enfocada a la Certificación de Software. Revista Computador, 41, 91-93.

Virtual Educa. (2013, 3 de Noviembre). XIV encuentro internacional virtual educa Colombia. Foro multilateral, Congreso, Exposición 'Educación, innovación y TIC'. Recuperado de: www.virtualeduca.org/encuentros/colombia/

Web site of ISO. (s.f.). Recuperado el 23 de 4 de 2011, de www.iso.org

Zubrow, D. (2004). Measuring Software Product Quality: the ISO 25000 Series and CMMI. SEI.

# Lista de Figuras

Figura 1.

Relación entre los Ámbitos de Calidad

Figura 2.

Clasificación Normas ISO 9000

Figura 3.

Estructura de un Modelo de Calidad

Figura 4.

Tipos de Modelos de Calidad y Características

Figura 5.

Línea de Tiempo Modelos de Calidad

Figura 6.

Modelo de Calidad McCall

Figura 7.

Relación entre Factores y Métricas en el Modelo de Calidad de BOEHM

# Lista de Figuras

Figura 8.

Estructura del Modelo de Calidad de BOEHM

Figura 9.

Relación entre Factores y Criterios en el Modelo de BOEHM

Figura 10.

Modelo de Calidad FURPS

Figura 11.

Relación de las Partes de la Norma ISO 9126

Figura 12.

Calidad en el Ciclo de Vida del Software

Figura 13.

Características de Calidad, subcaracterísticas y Atributos.

Figura 14.

Modelo de Calidad Interna y Externa

# Lista de Figuras


Figura 15.

Modelo de Calidad en Uso.

Figura 16.

Marco Conceptual para el Modelo de Calidad

Figura 17.

Actividades del proceso de Evaluación Norma ISO 14598

Figura 18.

Relación entre los Estándares 9126 y 14598 de ISO/IEC

Figura 19.

Divisiones de la Norma ISO/IEC 25000

Figura 20.

Modelo de Calidad del Producto Norma ISO/IEC 25010

Figura 21.

Modelo de Calidad de Uso Norma ISO/IEC 25010

Figura 22.

Extracto del Cuestionario Utilizado en el Ejemplo de Evaluación

# Lista de tablas

Tabla 1.

Organismos de Estandarización más Conocidos

Tabla 2.

Algunas Normas de la Familia ISO 9000

Tabla 3.

Capacidades y Factores del Producto según McCall

Tabla 4.

Métricas Propuestas por el Modelo de McCall

Tabla 5.

Relación entre Factores de Calidad y Métricas de la Calidad del Software

Tabla 6.

Características y Subcaracterísticas Calidad Interna y Externa ISO 9126

Tabla 7.

Características del Modelo de Calidad en Uso ISO 9126

Tabla 8.

Etapas del Proceso de Evaluación Norma ISO 14598

# Lista de tablas


Tabla 9.

Ejemplo de Puntaje Asignado a las Características del Producto

Tabla 10.

Ejemplo de Puntaje Asignado a las Características del Proceso

Tabla 11.

Ejemplo Distribución Peso Instrumentos Usados en la Evaluación de Software

Tabla 12.

Ejemplo de Escala Likert para Valoración de Preguntas Afirmativas

Tabla 13

Ejemplo de Escala Likert Cuatro Niveles

Tabla 14.

Matriz del Modelo de Calidad para un Software Educativo

Tabla 15.

Características y Puntaje para Modelo de Evaluación de Calidad del Ejemplo

Tabla 16.

Métricas y subcaracterísticas del Modelo de Calidad del Ejemplo

Tabla 17.

Resultados del Ejemplo de Evaluación

CAMPUS VIRTUAL UDES

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA TECNOLOGÍA EDUCATIVA

Autor:
**Andrés Rey Piedrahita**

**ISBN: 978-958-8118-93-2**

LEM LIBRO ELECTRÓNICO MULTIMEDIAL